

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ АРХЕОЛОГИИ И ЭТНОГРАФИИ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
НОВОСИБИРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
АССОЦИАЦИЯ "ИСТОРИЯ И КОМПЬЮТЕР"  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Выпуск 15

Новосибирск  
2010

Издание осуществлено на личные средства сотрудников  
сектора археологической теории и информатики ИАЭТ СО РАН

### **РЕДКОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор

академик РАЕН, д.и.н. Ю.П.Холюшкин

Заместитель главного редактора

академик РАЕН, д.и.н., профессор Л.И.Бородкин

Ответственный редактор выпуска (археология, этнография)

академик РАЕН, д.и.н. Ю.П.Холюшкин (ИАЭТ СО РАН, Новосибирск)

Ответственный редактор выпуска (история)

академик РАЕН, д.и.н., профессор Л.И.Бородкин (МГУ, Москва)

Ответственные секретари:

В.С.Костин (ИАЭТ СО РАН, Новосибирск)

к.и.н. И.М.Гарскова (МГУ, Москва)

Редколлегия:

д.ф.-м.н. Е.Е. Витяев, д.и.н., профессор В.Н. Владимиров (АГУ, Барнаул), доктор П. Доорн (Лейденский университет, Лейден, Нидерланды), д.т.н. О.Л. Жижимов (ИВТ СО РАН, Новосибирск), д.и.н. И.В. Журбин (Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск), к.т.н. Ю.А. Загорулько (ИСИ СО РАН, Новосибирск), д.и.н. С.Г.Кащенко (СПбГУ, Санкт-Петербург), к.т.н. Н.А. Мазов (ИНГТ СО РАН), д.ф.-м.н., профессор А.Г. Марчук (ИСИ СО РАН, Новосибирск), д.т.н. В.В.Москвичев (ИВМ СО РАН, Красноярск), к.и.н. В.Л. Носевич (Республиканский архив электронных документов, Минск, Республика Беларусь), чл.-корр. РАЕН, д.и.н. А.Н. Садовой (Институт угля и углехимии СО РАН, Кемерово), чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор А.М. Федотов (ИВТ СО РАН, Новосибирск), ак. РАЕН, д.и.н., профессор Ю.Л.Щапова (МГУ, Москва).

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗНАНИЙ</b>	<b>4</b>
Витяев Е.Е. Конструктивные числовые представления величин	4
Витяев Е.Е. Извлечение информации из данных	9
Демин А.В., Витяев Е.Е. Метод построения «естественной классификации»	16
<b>II. СИСТЕМНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ</b>	<b>23</b>
Холюшкин Ю.П. Репродуктивное поведение	23
Холюшкин Ю.П. Классификационный фрагмент «Ресурсы»	25
Холюшкин Ю.П. Взаимодействие	29
<b>III. АСТРОАРХЕОЛОГИЯ И ДРЕВНЕЕ ИСКУССТВО</b>	<b>35</b>
Ларичев В.Е. Космос, Время и Боги в символах и образах наскального искусства Карелии (методы астроархеологии, палеоастрономии и палеокалендаристики в «прочтениях» сюжетных панно)	35
Потёмкина Т.М. Символические знаки онежских петроглифов (история изучения и интерпретации)	46
<b>IV. ПОЛЕВАЯ АРХЕОЛОГИЯ</b>	<b>60</b>
Костин В.С., Постнов А.В., Хасанов С.А., Диконская Е.К., Кисарова В.П. Подготовка и генерация отчета по археологическим полевым работам средствами информационных технологий: анализ проблем и постановка задач.	60
<b>V. ТЕХНОЛОГИЯ ЦИТИРОВАНИЯ</b>	<b>66</b>
Холюшкин Ю.П., Костин В.С. Статистический анализ взаимоцитирования «новых археологов»	66
<b>VI. СИСТЕМНАЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ</b>	<b>72</b>
Холюшкин Ю.П. Археология Америки	72
<b>VII. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ</b>	<b>74</b>
Холюшкин Ю.П., Костин В.С., Есина Е.В. Разработка Web-пакета статистического анализа археологических данных (дискриминантный анализ)	74
Холюшкин Ю.П., Костин В.С., Федотова Д.В. Разработка Web-пакета статистического анализа археологических данных (регрессионный анализ)	83
<b>VIII. СИСТЕМНАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ</b>	<b>90</b>
Холюшкин Ю.П. Системная периодизация истории	90



*В работе числовые представления величин, законов и информации обобщаются до конструктивного числового представления, которые могут использоваться для числового представления структурных величин и законов. Показывается, что тесты и анкеты, используемые в психологии и социологии, могут рассматриваться как примеры конструктивных числовых представлений. В другой работе данного раздела, информация, извлекаемая из данных, представляется эмпирическими системами, использующими, интерпретируемые в системе понятий предметной области, отношения и операции. Эта информация о величинах и законах представляет собой истинное содержание величин и законов и может быть адекватно представлена числовыми представлениями величин (шкалами), используя результаты теории измерений. Но не для всякой информации в теории измерений есть результаты о числовом представлении. Для представления информации, не имеющей числового представления в теории измерений, можно использовать конструктивные числовые измерения, которые могут представить практически любую информацию.*

**Ключевые слова:** Data Mining, естественная классификация, систематика, классификация, KDD&DM, интеллектуальный анализ данных.

### 1. Введение.

Исследования, проводимые в психологии, социологии, принятии решений, экспертном оценивании и других областях, показывают, что есть много сложных структурных «нечисловых» величин (частичные порядки, толерантности, решетки и т.д.). Логический анализ таких величин, проведенный в теории измерений [Пфанцгаль, 1976; Krantz et al, 1971, 1989, 1990], теории принятия решений [Фишберн, 1978; Кини, Райфа, 1981] и анализе нечисловой информации [Всесоюзная, 1983; Всесоюзная, 1984; Анализ, 1981], показал, что информация, содержащаяся в таких величинах, может быть представлена эмпирическими системами. Однако эти эмпирические системы являются такими алгебраическими структурами, которые нельзя сильным гомоморфизмом отобразить в поле вещественных чисел, т.е. для таких величин нельзя построить числовые представления в рамках теории измерений.

С другой стороны, числовые представления величин «удобны» – по числовым значениям величин легко определять исходные (в эмпирической системе) соотношения между значениями величин. Поэтому для *корректного числового представления информации*, содержащейся в величинах и данных необходимо найти более общий способ числового представления величин, чем существующий в теории измерений.

Рассмотрим смысл и роль числового представления. Смысл состоит в том, чтобы значениям величин приписать числа так, чтобы исходные отношения и операции преобразовывались в некоторые «простые» и «удобные» числовые отношения и операции. В этом случае по значениям числовых отношений и операций легко определяются значения исходных отношений и операций. Однако, числовые представления обладают следующими недостатками.

1. В качестве числовых отношений и операций используется небольшое число математических действий. Этого достаточно для числового представления многих величин [Пфанцгаль, 1976; Krantz et al, 1971, 1989, 1990], но это не даёт возможность представить многие другие (структурные) величины.

2. Доказательство того, что любая эмпирическая система, удовлетворяющая системе аксиом, сильным гомоморфизмом отображается в выбранную числовую систему, предъявляет слишком сильные требования к системе аксиом. Приходится включать в неё аксиомы, не поддающиеся экспериментальной проверке, а также «чисто технические» аксиомы, не изменяющие множества экспериментально проверяемых следствий [Пфанцгаль, 1976]. Это противоречит содержанию систем аксиом, как результата экспериментального анализа свойств величин. Такие аксиомы часто отражают свойства числовой системы, а не свойства величин.

Смыслу числового представления точнее всего соответствует понятие конструктивизации [Ершов, 1980] эмпирических систем. В этом случае значения величин отображаются в натуральные, рациональные или другие числа (в общем случае в коды), при этом значения отношений и операций в эмпирической системе можно эффективно вычислить по этим числам (кодам).

Это даёт возможность обобщить понятие числового представления и распространить его на структурные и практически любые другие величины и законы. В данной работе вводится понятие

<sup>1</sup> Работа поддержана грантом РФФИ 08-07-00272-а; интеграционными проектами СО РАН № 47, 115, 119, а также работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ и государственной поддержке ведущих научных школ (проект НШ-335.2008.1)

конструктивного числового представления, которое может использоваться для числового представления структурных «нечисловых» величин. Конструктивные числовые представления практически не накладывают ограничений на числовые отношения и операции, кроме эффективности и предъявляет более слабые требования к системам аксиом.

## 2. Основные понятия теории измерений.

Пусть знания о некоторой величине, свойстве, признаке сформулированы в некоторой теории  $\Sigma$  сигнатуры  $\Omega = \{P_0, \dots, P_n, \rho_1, \dots, \rho_m, c_0, c_1, c_2, \dots\}$ , где  $P_i, i \leq n$  – предикатные символы;  $\rho_j, j \leq m$  – символы операций;  $c_l, l \in I$  – символы констант ( $I = \emptyset \mid I$  – начальная часть ряда натуральных чисел  $\omega = \{0, 1, 2, \dots\} \mid I = \omega$ );  $P_0$  – равенство. Величиной будем называть эмпирическую систему  $\mathcal{Z} = \langle A; \Omega_{\mathcal{Z}} \rangle$  сигнатуры  $\Omega$ , удовлетворяющую некоторой системе аксиом  $\Sigma$ ;  $A$  – множество значений величины,  $\Omega_{\mathcal{Z}} = \{P_0^{\mathcal{Z}}, \dots, P_n^{\mathcal{Z}}, \rho_1^{\mathcal{Z}}, \dots, \rho_m^{\mathcal{Z}}, c_0^{\mathcal{Z}}, c_1^{\mathcal{Z}}, c_2^{\mathcal{Z}}, \dots\}$  – множество отношений, операций и констант типа  $\Omega$ , интерпретируемых в понятиях предметной области. Числовыми системами называются системы  $\mathcal{R} = \langle \text{Re}^k, \Omega_{\mathcal{R}} \rangle$  сигнатуры  $\Omega$ , где  $k$  – размерность числового представления,  $\Omega_{\mathcal{R}} = \{=, P_1^{\mathcal{R}}, \dots, P_n^{\mathcal{R}}, \rho_1^{\mathcal{R}}, \dots, \rho_m^{\mathcal{R}}, c_0^{\mathcal{R}}, c_1^{\mathcal{R}}, c_2^{\mathcal{R}}, \dots\}$  – множество отношений, операций и констант, определенных на  $\text{Re}$  или  $\text{Re}^k$ ,  $\text{Re}$  – поле вещественных чисел. Зафиксируем некоторую числовую систему  $\mathcal{R}$ . Шкалой [1] (числовым представлением) величины  $\mathcal{Z} = \langle A; \Omega_{\mathcal{Z}} \rangle$  называется сильный гомоморфизм  $\mu: A \rightarrow \text{Re}^k$ , удовлетворяющий условиям:

1.  $P_i^{\mathcal{Z}}(a_1, \dots, a_{m_i}) \Leftrightarrow P_i^{\mathcal{R}}(\mu a_1, \dots, \mu a_{m_i}), i = 0, 1, \dots, n$ ;
2.  $\rho_j^{\mathcal{Z}}(a_1, \dots, a_{m_j}) \Leftrightarrow \mu \rho_j^{\mathcal{R}}(\mu a_1, \dots, \mu a_{m_j}), j = 1, \dots, m$ ;
3.  $\mu c_l^{\mathcal{Z}} = c_l^{\mathcal{R}}, l \in I$ .

Сильный гомоморфизм  $\mu: \mathcal{Z} \rightarrow \mathcal{R}$  означает, что, если предикат  $P_i^{\mathcal{R}}(\mu a_1, \dots, \mu a_{m_i})$  истинен на некотором наборе  $\langle \mu a_1, \dots, \mu a_{m_i} \rangle$ , то существует набор  $\langle b_1, \dots, b_{m_i} \rangle$ ,  $\mu a_1 = \mu b_1, \dots, \mu a_{m_i} = \mu b_{m_i}$ , на котором предикат  $P_i^{\mathcal{Z}}(b_1, \dots, b_{m_i})$  также истинен. Введем обозначения:  $\text{AC}(\Sigma)$  – множество неприводимых (алгебраических) систем системы аксиом  $\Sigma$ ;  $\text{AC}_{\mathcal{R}}(\Sigma)$ ,  $\text{AC}_{\omega}(\Sigma)$  – подмножества  $\text{AC}(\Sigma)$ , содержащие системы не более чем континуальной и счетной мощности соответственно;  $F(\mathcal{Z}, \mathcal{R})$  – множество шкал величины  $\mathcal{Z}$ . В теории измерений исследуются три основные проблемы [Пфанцаль, 1976; Krantz et al, 1971, 1989, 1990].

**2.1. Проблема существования.** Для данной системы аксиом  $\Sigma$  величины найти достаточно простую и удобную числовую систему  $\mathcal{R}$  (например, поле вещественных чисел) и доказать, что для любой величины  $\mathcal{Z} \in \text{AC}_{\mathcal{R}}(\Sigma)$  существует шкала ( $F(\mathcal{Z}, \mathcal{R}) \neq \emptyset$ ).

Из формулировки проблемы существования следует, что знаний  $\Sigma$  должно быть достаточно для выбора числовой системы  $\mathcal{R}$  и построения шкалы для любой системы  $\mathcal{Z} \in \text{AC}_{\mathcal{R}}(\Sigma)$ . Решение проблемы существования должно, кроме того, давать метод шкалирования приборов, измеряющих эти величины. Этот метод может быть извлечен из доказательства теоремы существования.

**2.2. Проблема единственности:** Для выбранной числовой системы  $\mathcal{R}$  определить все шкалы  $F(\mathcal{Z}, \mathcal{R})$  величин  $\mathcal{Z} \in \text{AC}_{\mathcal{R}}(\Sigma)$ .

**Таблица 1. Числовые типы данных.**

Допустимые преобразования	Группы допустимых преобразований	Шкалы
$x \rightarrow f(x),$	$f: \text{Re} \rightarrow (\text{на}) \text{Re},$ Взаимно-однозначные преобразования	Номинальная (наименований)
$x \rightarrow f(x),$	$f: \text{Re} \rightarrow (\text{на}) \text{Re}$ монотонные преобразования	Порядка
$x \rightarrow gx + s, g > 0$	Позитивная аффинная группа	Интервалов
$x \rightarrow tx^r, t, r > 0$	Степенная группа	Логарифмически- интервальная
$x \rightarrow x + s$	Группа сдвига	Разностей
$x \rightarrow tx, t > 0$	Группа подобия	Отношений
$x \rightarrow x$	Тождественная группа	Абсолютная

Эти множества можно, в частности, определить, найдя группу допустимых преобразований шкалы [Пфанцаль, 1976]. Обозначим через  $\Gamma(\mathcal{R})$  – группу автоморфизмов числовой системы  $\mathcal{R}$  на себя. Известно, что, если  $\mu \in F(\mathcal{Z}, \mathcal{R})$ , то и  $\gamma \mu \in F(\mathcal{Z}, \mathcal{R})$ ,  $\gamma \in \Gamma(\mathcal{R})$  тоже шкала. Группа  $\Gamma(\mathcal{R})$  называется *группой допустимых преобразований шкалы*  $F(\mathcal{Z}, \mathcal{R})$ .

**2.3. Проблема адекватности.** Числовые утверждения должны быть инвариантны относительно произвола в выборе шкал из  $F(\mathfrak{Z}, \mathfrak{K})$  (см. [Пфанцаль, 1976]). Методы анализа данных также должны быть инвариантны относительно групп допустимых шкал – изменение шкал величин в данных не должно изменять результаты анализа данных, проведенных тем или иным методом.

Решение этих проблем позволяет корректно вводить числовые представления величин и в определенной степени корректно их использовать. Однако, анализ методов интеллектуального анализа данных показывает, что они как правило не инвариантны – мы можем обработать некоторым методом данные, измеренные в сантиметрах, килограммах, скорости – метров в секунду, а затем перевести эти данные в метры, граммы и скорости – сантиметров в секунду и получить совершенно другой результат анализа – не болен, а здоров.

### 3. Конструктивные числовые представления величин.

При конструктивном представлении величин, значения  $a \in A$  величин  $\mathfrak{Z} = \langle A; \Omega_{\mathfrak{Z}} \rangle \in AC_{\omega}(\Sigma)$  нумеруются (кодируются). Нумерацией множества  $A$  называется отображение  $v$  множества натуральных чисел  $\omega = \{0, 1, 2, \dots\}$  на  $A$ ,  $v: \omega \rightarrow A$  [Ершов, 1980]. Пару  $(\mathfrak{Z}, v)$  будем называть конструктивным представлением величины  $\mathfrak{Z}$  (конструктивной системой [Ершов, 1980]), а нумерацию  $v$  – конструктивным числовым представлением (конструктивизацией [Ершов, 1980]), если существуют характеристические общерекурсивные функции  $P_0^N, P_1^N, \dots, P_n^N$  со значениями во множестве  $\{0, 1\}$ , общерекурсивные функции  $\rho_1^N, \dots, \rho_m^N$  и натуральные числа  $c_0^N, c_1^N, c_2^N, \dots$  такие, что

1.  $P_i^{\mathfrak{Z}}(va_1, \dots, va_{m_i}) \Leftrightarrow P_i^N(a_1, \dots, a_{m_i}) = 1, i = 0, 1, \dots, n;$
2.  $\rho_j^{\mathfrak{Z}}(va_1, \dots, va_{m_j}) \Leftrightarrow v\rho_j^N(a_1, \dots, a_{m_j}), j = 1, \dots, m;$
3.  $c_l^{\mathfrak{Z}} = vc_l^N, l \in I.$

Конструктивное числовое представление  $v$  аналогично шкале, только вместо числовых отношений, операций и констант используются общерекурсивные функции и натуральные числа. Конструктивная числовая система имеет вид  $N = \langle \omega; \Omega_N \rangle, \Omega_N = \{P_0^N, P_1^N, \dots, P_n^N, \rho_1^N, \dots, \rho_m^N, c_0^N, c_1^N, c_2^N, \dots\}$ . Сформулируем проблемы существования, единственности и адекватности для конструктивного числового представления.

**3.1. Проблема существования.** Доказать, что для любой системы  $\mathfrak{Z} \in AC_{\omega}(\Sigma)$  существует конструктивное числовое представление и существует алгоритм ограниченной сложности, реализующий построение всех этих конструктивизаций. Практически требуется алгоритм минимальной сложности.

**3.2. Проблема единственности.** Ее можно разбить на две части. Первая связана с существованием не сводимых друг к другу посредством эффективного отображения (неавтоэквивалентных [Гончаров, 1980]) конструктивных числовых представлений.

**Проблема единственности А.** Для каждой величины  $\mathfrak{Z} = \langle A; \Omega_{\mathfrak{Z}} \rangle \in AC_{\omega}(\Sigma)$  определить число неавтоэквивалентных конструктивных числовых представлений.

Вторая часть проблемы единственности так же, как и в случае числовых представлений, связана с произволом в выборе одного из автоэквивалентных конструктивных числовых представлений.

**Проблема единственности Б.** Для каждой величины  $\mathfrak{Z} = \langle A; \Omega_{\mathfrak{Z}} \rangle \in AC_{\omega}(\Sigma)$  определить все классы автоэквивалентных конструктивных числовых представлений.

**3.3. Проблема адекватности.** Она также разбивается на две части в зависимости от того, какой произвол в выборе конструктивных числовых представлений нужно учитывать.

**Проблема адекватности А.** Выбор класса автоэквивалентных числовых представлений должен учитывать имеющиеся знания  $\Sigma$ .

**Проблема адекватности Б.** Числовые утверждения должны быть инвариантны относительно выбора одного из автоэквивалентных конструктивных числовых представлений.

Для конструктивных числовых представлений, очевидно, что метод интеллектуального анализа данных будет инвариантен только тогда, когда он не использует в своей работе числовые отношения и операции отличные от тех, которые содержатся в эмпирической системе.

### 4. Примеры конструктивных представлений величин.

**4.1.** Рассмотрим линейный порядок. Знания  $\Sigma$  о линейном порядке содержат аксиомы антисимметричности, полноты и транзитивности. Линейными порядками являются, например,

балльные величины и величины типа «число»: число рабочих на предприятии, число автокатастроф, число браков или разводов и т.д. Значения таких величин часто представляются натуральными числами, поэтому их естественным числовым представлением может быть конструктивное числовое представление. Рассмотрим линейные порядки, удовлетворяющие следующей аксиоме.

**Аксиома 1.** Любая ограниченная сверху (снизу) последовательность  $a_1 < a_2 < a_3 < \dots < a$  ( $a < \dots < a_3 < a_2 < a_1$ ) конечна.

Обозначим систему аксиом  $\Sigma$  линейного порядка вместе с аксиомой 1 через  $\Sigma_1$ . Известно, что любой линейный, но не более чем счетный порядок, удовлетворяющий теории  $\Sigma_1$ , вложим в модель  $\langle \omega; \leq \rangle$ . Отсюда следует решение проблемы существования конструктивного числового представления для линейных порядков  $\Sigma_1$ .

**Предложение 1.** Любой линейный порядок  $\mathfrak{Z} \in AC_\omega(\Sigma_1)$  имеет конструктивное числовое представление.

Конструктивными числовыми представлениями могут служить обычные способы нумерации значений этих величин.

Рассмотрим линейные порядки, удовлетворяющие аксиоме полноты.

**Аксиома 2.**  $\forall a, b, \exists c (a < c < b)$ .

Обозначим через  $\Sigma_2$  систему аксиом линейного порядка вместе с аксиомой 2. Примерами полных линейных порядков, удовлетворяющих  $\Sigma_2$ , являются физические величины, используемые в нефизических областях. Например, величины температуры, давления, веса человека, рассматриваемые с медицинской точки зрения, или температуры, освещенности, влажности почвы, рассматриваемые с сельскохозяйственной точки зрения. Для этих величин операция сложения (имеющая смысл с физической точки зрения) смысла не имеет. Осмысленно только отношение порядка, являющееся полным линейным порядком. Такой порядок естественно представлять не действительными, а рациональными числами.

Получим конструктивное числовое представление полных линейных порядков, используя рациональные числа. Известно, что любой полный, не более чем счетный линейный порядок  $\mathfrak{Z} \in AC_\omega(\Sigma_2)$ , изоморфен одному из интервалов  $(0,1)$ ,  $[0,1)$ ,  $(0,1]$ ,  $[0,1]$  множества рациональных чисел.

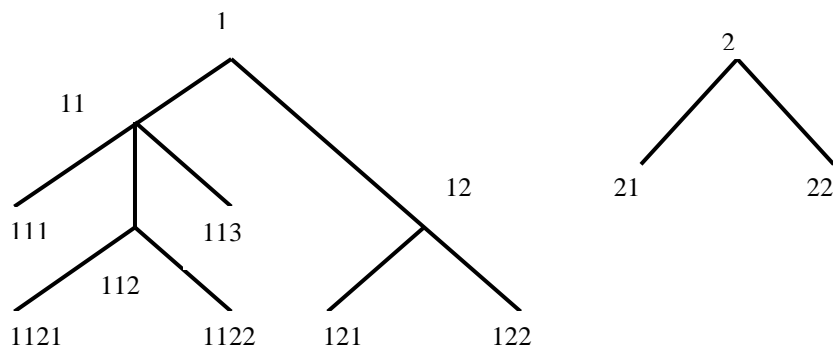
**Предложение 2.** Любой полный линейный порядок  $\mathfrak{Z} \in AC_\omega(\Sigma_2)$  имеет конструктивное числовое представление.

Примерами конструктивных числовых представлений могут служить градации шкал приборов, измеряющих эти величины.

Рассмотрим деревья – рефлексивные, антисимметричные, транзитивные порядки, удовлетворяющие следующей аксиоме.

**Аксиома 3.**  $\forall a, b, c (c \leq a \ \& \ c \leq b \Rightarrow a \leq b \vee b \leq a)$

Обозначим систему аксиом для деревьев через  $\Sigma_3$ . Конечными деревьями описываются такие величины, как должность, занимаемое место (в дереве рабочих мест некоторой организации), иерархические величины и т.д. Конечные деревья всегда конструктивизируемы, поэтому решение проблемы существования конструктивного числового представления сводится к построению простой и удобной конструктивизации, применимой к любому конечному дереву. Пример такого



конструктивного числового представления приведен на рис. 1.

Рис 1.



Если у дерева несколько корневых вершин, то они нумеруются числами 1, 2, 3,... Вершинам дерева (значениям величины) сопоставляются наборы натуральных чисел  $a = v(\langle n_1^a, \dots, n_k^a \rangle)$ ,  $b = v(\langle n_1^b, \dots, n_m^b \rangle)$ . По числам из набора легко определяется отношение порядка между  $a$  и  $b$ .

Закономерные связи между конструктивными числовыми представлениями также должны задаваться общерекурсивными функциями. Например, закономерная связь между древовидными величинами – занимаемое место, должность; балльными величинами – степень, звание; полно линейно упорядоченной величиной – зарплата, определяется законодательством и может быть представлена общерекурсивной функцией.

**5. Конструктивные измерительные процедуры, тесты и анкеты.** Шкалы  $\mu: \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{N}$  практически реализуются в виде шкал приборов (весов, линейки, термометра). Конструктивизации  $v$  также могут реализовываться как показания некоторых измерительных процедур, в частности тестирования, анкетирования, обследования и т.д.

Предположим, что нас интересует отношение предпочтения некоторой величины  $\mathcal{S} = \langle A; \leq \rangle$  (коэффициента интеллектуальности, удовлетворенности работой, температура) и способ прямого измерения отношения предпочтения  $\leq$  дорог, неудобен, требует большого времени и т.д. Для более простого и быстрого измерения этого отношения разрабатывается и используется тест (анкета, обследование). Применение теста к испытуемому (респонденту, больному) даёт для некоторого значения  $a \in A$  величины  $\mathcal{S}$  набор ответов в виде некоторой последовательности натуральных или рациональных чисел  $\langle n_1^a, \dots, n_k^a \rangle$ . Если по результатам теста для любых двух значений  $a, b \in A$  величины  $\mathcal{S}$  можно эффективно определить отношение предпочтения

$$a \leq b \Leftrightarrow P^N(\langle n_1^a, \dots, n_k^a \rangle, \langle n_1^b, \dots, n_l^b \rangle)$$

например, подсчитывая сумму баллов, взвешенное среднее, кодируя ответы и т.д.), то отображение  $\mathcal{S}: \langle n_1^a, \dots, n_k^a \rangle \rightarrow a$ , осуществляемое тестом, и будет конструктивным числовым представлением величины  $\mathcal{S} = \langle A; \leq \rangle$ . Сама процедура тестирования (анкетирования, обследования) будет конструктивной измерительной процедурой со значениями вида  $\langle n_1^a, \dots, n_k^a \rangle$ .

Обоснование теста как конструктивного числового представления некоторой величины может быть осуществлено решением следующей задачи. Пусть задано некоторое отношение предпочтения  $\leq$  величины  $\mathcal{S} = \langle A; \leq \rangle$ , удовлетворяющее некоторой системе аксиом  $\Sigma$  (частичного порядка, толерантности, решеток и т.д.). Требуется решить проблему существования конструктивного числового представления  $v$  для этой величины и затем для неё разработать тест, измеряющий конструктивное числовое представление  $v$ . Мы не можем сразу строить конструктивное числовое представление  $v$  для исходной величины  $\mathcal{S}$ , так как она известна нам только с точностью до системы аксиом  $\Sigma$ . Поэтому, решить проблему существования конструктивного числового представления нужно опираясь на  $AC_\omega(\Sigma)$ .

Примером такого отношения предпочтения и соответствующего теста является отношение предпочтения между односемейными домами [Козелецкий, 1979: 243]. В результате получения конструктивного числового представления, мы получаем также набор базовых признаков, по которым производится сравнение.

Пусть  $\mathcal{S} = \langle A; \leq \rangle$  - эмпирическая система односемейных домов. Предположим, что отношение порядка  $\leq$  удовлетворяет аксиомам дистрибутивной решетки:

1.  $\leq$  - решетка, т.е. любые два элемента  $a, b \in A$  имеют точную верхнюю и точную нижнюю грань обозначаемые операциями  $a \vee b$  и  $a \wedge b$ ;
2. дистрибутивность: а)  $x \wedge (y \vee z) = (x \wedge z) \vee (x \wedge y)$ ,  
б)  $x \vee (y \wedge z) = (x \vee z) \wedge (x \vee y)$ .

Цепью упорядоченного множества называется его линейно упорядоченное подмножество. Длинной упорядоченного множества называется точная верхняя грань длин его цепей. Элемент  $a \neq \emptyset$  называется  $\vee$  - неразложимым, если из  $b \vee c = a$  следует, что  $b = a$  или  $c = a$ .

**Теорема [Биркгоф, 1984].** Пусть  $L$  – дистрибутивная решетка длины  $n$ . Тогда подмножество  $X$  всех ее  $\vee$  - неразложимых элементов имеет порядок  $n$  и  $L \approx 2^X$  (где  $\approx$  отношение изоморфизма).

Если упорядочить все неразложимые элементы решётки  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , то из теоремы следует, что каждый элемент  $a$  дистрибутивной решетки  $L$  однозначно определим кортежем  $\langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle$ , в котором 1 стоит на тех  $i$ -х местах, для которых выполнено неравенство  $a \geq a_i$ . Тем самым неразложимые элементы  $a_1, a_2, \dots, a_n$  определяют те базовые свойства, сравнение с которыми определяет положение элемента в решетке. Определим конструктивное числовое представление как отображение  $v: \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_a \rightarrow a$ .

**Теорема.** Для дистрибутивной решетки  $L = \langle A; \leq, \wedge, \vee \rangle$  длины  $n$  существует конструктивное числовое представление  $v : \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_a \rightarrow a$ , удовлетворяющее условиям:

1.  $a \leq b \Leftrightarrow \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_a \leq \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_b$
2.  $a \vee b \Leftrightarrow \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_a \oplus \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_b$
3.  $a \wedge b \Leftrightarrow \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_a \otimes \langle 0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0 \rangle_b$

### Литература

- II Всесоюзная школа-семинар** [Всесоюзная, 1983], «Программно-алгоритмическое обеспечение прикладного многомерного статистического анализа». – М., 1983: 374
- Анализ нечисловой информации** [Анализ, 1981] Тюрин Ю.Н., Литвак Б.Г., Орлов А.И. и др. М., 1981. с.80 (Препринт // Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика»).
- Биркгоф Г.** Теория решёток. – М.: Наука, 1984: 568 с.
- Всесоюзная конференция** [Всесоюзная, 1984], «Нечисловая статистика, экспертные оценки и смежные вопросы». – М.-Таллин, 1984: 403с.
- Гончаров С.С.** Проблема числа неавтоморфных конструктивизаций. Алгебра и Логика, 19, №6, 1980: 621-639.
- Данные в языках программирования** [Данные, 1982]. Абстракция и типология. – М., Мир, 1982: 327.
- Ершов Ю.Л.** Проблемы разрешимости и конструктивные модели. – М., Наука, 1980: 415.
- Кини Р.Л., Райфа Х.** Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М. 1981: 560.
- Козелецкий Ю.** Психологическая теория решений. – М., Прогресс, 1979, с.504.
- Пфанцагль И.** Теория измерений. – М., Мир, 1976, с.248.
- Фишберн П.** Теория полезности для принятия решений. – М, Наука, 1978, с.352.
- Krantz D.H., Luce R.D., Suppes P., Tversky A.** [Krantz D.H. et al, 1971, 1989, 1990] Foundations of measurement. Vol. 1,2,3. - NY, London: Acad. press, 1971, 1989, 1990.

---

## Витяев Е.Е. Извлечение информации из данных<sup>2</sup>

---

В работе анализируются основные понятия, связанные с возможностью познания некоторой предметной области методами интеллектуального анализа данных (*Knowledge Discovery in Data Bases and Data Mining – KDD&DM*) и машинного обучения (*Machine Learning – ML*) такие как: предметная область, предмет исследования, система понятий предметной области, онтология предметной области, извлечение информации из предметной области, знание, процесс познания, извлечение информации из данных, онтология методов KDD&DM и ML, извлечения знаний из данных и другие. Аргументируется, что для познания некоторой предметной области методами интеллектуального анализа данных необходимо, что бы онтология предметной области была согласована с онтологией применяемого метода KDD&DM и ML. Для такого согласования необходимо сначала извлечь информацию из данных. Детально описывается процедура извлечения информации из наиболее распространенных типов данных, таких как парные сравнения, множественные сравнения, матричное представление бинарных отношений, матрицы упорядочений, матрицы близости и матрицы объект–признак. Кратко описывается оригинальный подход – *Relational Data Mining* – к извлечению знаний из данных, позволяющий обнаруживать **знаний опираясь не**

**Ключевые слова:** Data Mining, классификация, естественная классификация, систематика, KDD&DM, интеллектуальный анализ данных.

### 1. Познание предметной области.

Определим, что такое Предметная Область (ПО). *Предметная область* – это совокупность объектов предметной области, рассматриваемых с точки зрения некоторого предмета исследования – совокупности существенных свойств (атрибутов) и отношений объектов исследования, описываемых в некоторой системе понятий предметной области. Предмет исследования может быть задан онтологией предметной области – специфицирующей в некотором формальном языке множество рассматриваемых объектов, связи между ними, систему понятий, и свойства объектов. Предмет исследования и онтология определяют «взгляд», «точку зрения», с которой рассматриваются (описываются в системе понятий) объекты предметной области, отношения и их свойства.

Как отмечалось в [Витяев, 2009] предметная область может быть задана эмпирической системой  $\mathfrak{S} = \langle A, \Omega \rangle$ , где  $A$  – объекты ПО, а  $\Omega$  – множество отношений и операций, интерпретируемых в системе понятий ПО, и определяющих взаимосвязь объектов ПО. Система понятий онтологии может быть задана одноместными предикатами, которые также могут входить в  $\Omega$ . Таким образом, множество  $\Omega$  представляет собой онтологию предметной области, так как является формальной спецификацией связей между объектами, системы понятий и свойств объектов.

Для осуществления процесса познания необходимо понимание и интерпретация человеком предметной области и её онтологии, т.е. извлечение информации из предметной области. «Информация – это понимание (смысл, представление, интерпретация) возникающие в аппарате

---

<sup>2</sup> Работа поддержана грантом РФФИ 08-07-00272-а; интеграционными проектами СО РАН № 47, 115, 119, а также работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ и государственной поддержке ведущих научных школ (проект НШ-335.2008.1)

мышления человека, в результате получения им данных, взаимоувязанное с предшествующими знаниями и понятиями» [Фридланд, 2003]. *Информация о предметной области и онтологии* состоит из восприятия и интерпретации человеком объектов предметной области, связей между ними, системы понятий и свойств объектов. В результате такой интерпретации получаем *знание* о предметной области. «Знания – это воспринятая, осознанная и ставшая личностно значимой информация» [Бешенков, Ракитина, 2002].

## **2. Информация, содержащаяся в атрибутах и свойствах объектов.**

Проанализируем, как следует задавать свойства и атрибуты объектов ПО в терминах онтологии  $\Omega$ . Чтобы правильно извлекать информацию и знания из свойств и атрибутов необходимо их интерпретировать в системе понятий ПО. Сами по себе числовые значения величин смысла и информацию не содержат, смысл величин указывается в их интерпретации, например, 5 метров, 5 литров, 5 килограмм и т.д. Интерпретация чисел, в частности, определяет какие математические действия можно с ними осмысленно проводить, чтобы не получать бессмысленных результатов типа 1.5 дровосека, 1м. + 1кг., и т.д.

Как говорилось в [Витяев, 2009] интерпретация числовых значений – метры, литры, килограммы и т.д. привязана к соответствующей ПО и её онтологии. Физические величины, измеренные в отличной от физики предметной области, теряют свою исходно физическую интерпретацию. Рассмотрим, например, такую физическую величину как температура. Шкалы температур в нефизических областях, например, при измерении температуры тела больного в медицине, температуры почвы в сельском хозяйстве, температуры воздуха в духовке в кулинарии и т.д., должны быть разные, хотя измеряться могут одним и тем же прибором – термометром. Далеко не всеми понимается тот факт, что шкала – это набор отношений и операций, которые имеет смысл производить с числовыми значениями величин в данной предметной области. Точнее, это те отношения и операции, которые интерпретируемы в онтологии ПО. Можно возразить, что термометр не может измерять ничего кроме температуры. Он действительно во всех случаях измеряет физическую температуру. Но зачем мы измеряем температуру? Ведь не затем чтобы согласно законам физики узнать, сколько в больном содержится тепла, и не затем, чтобы определить среднюю кинетическую энергию молекул почвы или курицы в духовке. Температура, как и любой другой прибор, нужны для *получения выводов (знаний) в системе понятий* (онтологии) той предметной области, к которой он относится. Для больного «температурный фактор служит наиболее общим и универсальным регулятором скорости химических реакций и активности ферментов, с повышением температуры в известной мере ускоряются и обменные процессы» [Лихорадка]. Для почв температура интерпретируется в системе понятий физиологии растений и деятельности микроорганизмов. Физическая величина температуры в других предметных областях *является косвенным измерением* некоторой другой величины, интерпретируемой в системе понятий предметной области, которую мы и хотим измерить. Физическая температура больного – есть косвенное измерение медицинской величины – уровня обмена веществ, температура почвы измеряет состояние биохимических процессов в растениях и микроорганизмах, температура воздуха в духовке измеряет течение процесса свертывания белка и т.д. Какие отношения и операции над числовыми значениями температуры имеют смысл для всех этих величин, определяется уже этими интерпретациями и онтологиями соответствующих ПО. Например, для температуры больного интерпретируемы выделенные значения 36.7, 42. и отношение линейного порядка  $<$ .

Таким образом, для извлечения информации из атрибутов, свойств, признаков и величин ПО нужно определить (задача 1 в [Витяев, 2009]) множество интерпретируемых в онтологии  $\Omega$  математических отношений и операций и включить их в онтологию  $\Omega$ .

Зачем нужно такое извлечение информации из атрибутов, свойств и величин ПО?

## **3. Познание предметной области методами интеллектуального анализа данных. Онтология методов интеллектуального анализа данных.**

Рассмотрим методы интеллектуального анализа данных (Knowledge Discovery in Data Bases and Data Mining (KDD&DM)) и машинного обучения (Machine Learning (ML)) с точки зрения их связи с процессом познания. Чтобы такое познание было осмысленно и интерпретируемо необходимо, чтобы методы KDD&DM и ML правильно использовали содержащуюся в данных информацию. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Анализ методов KDD&DM и ML [Витяев, 2006; Vityaev, Kovalerchuk, 2008] показывает, что *методы* имеют свою *онтологию*, которая включает:

1. типы данных, с которыми работает метод;

2. язык оперирования и интерпретации данных;
3. класс гипотез, проверяемый методом и сформулированный в языке интерпретации данных.

Для того, чтобы познание ПО некоторым KDD&DM-методом было возможным и приводило к знаниям – интерпретируемым в онтологии ПО результатам, необходимо чтобы онтология метода и онтология ПО были согласованы между собой. Это означает, что:

1. типы данных, с которыми работает метод, должны интерпретироваться в онтологии  $\Omega$  предметной области. Поэтому атрибуты, свойства и признаки, используемые в данных метода, должны быть интерпретируемы в онтологии  $\Omega$ . Тем самым определяется *информация, извлекаемая из данных этим методом*, которая представляется множеством интерпретируемых в онтологии  $\Omega$  математических отношений и операций;

2. язык оперирования данными, используемый методом в своей работе, также должен интерпретироваться в онтологии  $\Omega$ . Это значит, что метод должен использовать в своей работе только интерпретируемые в онтологии  $\Omega$  математические отношения и операции. Если это не так, что, как правило, и имеет место, то метод получает не вполне интерпретируемые и не являющиеся знаниями результаты. Человек не может осознать результаты математических действий, применённых методом, которые для него не имеют интерпретацию и, следовательно, бессмысленны с точки зрения системы понятий ПО;

3. класс проверяемых методом гипотез также должен интерпретироваться в онтологии ПО. Это означает, что класс проверяемых гипотез также должен выражаться через интерпретируемые в онтологии  $\Omega$  математические отношения и операции. Например, решающие функции в распознавании образов, функции регрессии, формы кластеров в признаковом пространстве и т.д. должны содержать только интерпретируемые математические отношения и операции.

В настоящее время такого рода проверка на соответствие онтологии ПО и онтологии метода не проводится. Для того, что бы знать какая информация содержится в данных и, следовательно, какой метод KDD&DM и ML мы можем применить для обработки данных, нам необходимо *извлечь информацию из данных*. Для этого необходимо представить данные в виде эмпирических систем, в которых информация, содержащаяся в данных, будет представлена множеством отношений и операций, интерпретируемых в онтологии предметной области. После этого можно определить, в соответствии с этими отношениями и операциями, какой метод KDD&DM и ML можно применять для обработки этих данных.

#### **4. Реляционный подход к извлечению знаний из информации, содержащейся в данных.**

Даже если окажется, что никакой метод KDD&DM и ML не применим для обработки рассматриваемых данных (они не используют требуемые отношения и операции), то можно применить разработанный нами реляционный подход (Relational Data Mining) к методам извлечения знаний и систему «Discovery», реализующую этот подход [Витяев, 2006; Витяев, Москвитин, 1993; Vityaev, Kovalerchuk, 2004; Kovalerchuk, Vityaev, 2000]. Данный подход и система «Discovery» специально разработаны для обнаружения знаний путём использования информации, представленной эмпирическими системами. Система «Discovery», кроме того, обладает следующими преимуществами по сравнению с другими KDD&DM и ML методами.

Существующие методы не в состоянии поддерживать режим исследования данных, когда обнаруживаемая закономерность заранее неизвестна. Каждый KDD&DM-метод обнаруживает свой специфический класс гипотез, соответствующий его онтологии. Система «Discovery» может обнаружить произвольный класс гипотез, который захочет проверить эксперт, и тем самым она способна поддерживать режим исследования данных, когда класс гипотез может сильно изменяться пользователем (экспертом) в процессе исследования.

Система «Discovery» обнаруживает гипотезы, сформулированные в заданных экспертом (например, финансистом) терминах – множестве интерпретируемых в онтологии ПО отношений и операций. Интерпретируемость получаемых закономерностей очень важна при принятии ответственных решений в таких областях, как медицина или финансы. К примеру, если речь идет о крупном вложении капитала и у нас есть два прогноза об ожидаемой прибыли, полученные нейронными сетями и системой «Discovery», то доверие будет к тому прогнозу, который понятен и интерпретируем. Невозможно принимать ответственные решения, не понимая, как они получены. Прогнозы, получаемые на основании интерпретируемых правил понятны, и по ним можно принимать решения.

Другой важной задачей, которую решает система «Discovery», является задача максимально полного *извлечения знаний из данных*. Полнота извлечения знаний системой «Discovery» обеспечивается двумя путями:

1. использованием онтологии ПО и теории измерений для извлечения всей интерпретируемой информации из данных и представлением её эмпирической системой;



2. обнаружением практически любого класса гипотез в терминах извлеченной информации – выявленных отношений и операций в этой эмпирической системе.

Для решения этих задач система «Discovery» позволяет:

1. предоставлять пользователю возможность в диалоге с системой, задавать отношения и операции, которые система будет использовать, и которые интерпретируемы в онтологии ПО, что позволяет работать в информацией, извлеченной из данных, а не с самими исходными данными;
2. возможности задания любого класса гипотез, сформулированного в терминах этой информации – заданным самим же пользователем множеством отношений и операций.

На данный момент разработана достаточно «универсальная» версия системы «Discovery», позволяющая пользователю самому задавать класс обнаруживаемых закономерностей, извлекать из данных множество закономерностей заданного класса и использовать найденные закономерности для прогноза и принятия решений.

#### 4. Извлечение информации из данных.

Для извлечения информации из данных и дальнейшего применения какого-либо KDD&DM и ML метода покажем, как из таких известных типов данных, как парные сравнения, множественные сравнения, матричное представление бинарных отношений, матрицы упорядочений, матрицы близости и матрицы объект–признак, *может быть извлечена информация*, представленная эмпирической системой. Такие типы данных встречаются в таких областях, как экспертное оценивание, социология, психология, психофизика, геология, медицина, сельское хозяйство и т. д. Все эти области характеризуются тем, что в них встречаются признаки и величины самой разнообразной природы.

Для извлеченной информации в виде эмпирических систем приведем соответствующие результаты теории измерений [Krantz et al, 1971; 1989; 1990; Пфанцагель, 1976] показывающие, какие числовые представления для данных эмпирических систем существуют. Для обнаружения систем аксиом теории измерений можно применить систему «Discovery».

**4.1. Парные сравнения.** Результаты, полученные по методу парных сравнений, можно представить в виде четырехмерной матрицы  $(x_{ijst})$  [Девид, 1978], где  $i, j$  – номера сравниваемых объектов, взятых из некоторого множества  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ ,  $s = 1, \dots, n$  – номер экспертов, сравнивающих объекты из  $A$ ;  $t = 1, \dots, r_s$  – номер сравнения (пары объектов одним и тем же экспертом могут сравниваться  $r_s$  раз). Обозначим объект  $a_i$ , сравниваемый экспертом  $s$  в сравнении с номером  $t$ , через  $a_i^{st}$ . Тем самым мы предполагаем, что сам объект и эксперт могут изменяться от сравнения к сравнению. Значение  $x_{ijst} = 0(1)$ , если объект  $a_i^{st}$  предпочтительнее, чем объект  $a_j^{st}$ .

Методы парного сравнения используются в социологии в экспертных оценках, психологии и в других областях. Целью этих методов является получение полного упорядочения объектов множества  $A$ .

Определим, какие эмпирические системы извлекают информацию из данных, полученных методами парных сравнений. Матрицу  $(x_{ijst})$  можно понимать как матричную запись значений истинности  $n$  бинарных отношений предпочтения  $P_1, \dots, P_n$  соответствующих предпочтениям  $n$  экспертов:  $P_s(a_i^{st}, a_j^{st}) \Leftrightarrow (x_{ijst} = 1)$ . Кроме того, у нас определено отношение равенства = между объектами. Равенство  $a_i^{st} = a_j^{st}$  определено для объектов  $a_i^{st}, a_j^{st}$ , сравниваемых экспертом  $s$  в сравнении  $t$ , и истинно тогда и только тогда, когда эти объекты совпадают.

Определим ещё отношение эквивалентности  $\sim$ , указывающее, что в разных сравнениях с разными экспертами участвует один и тот же объект из  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ ,  $a_i^{s_1 t_1} \sim a_j^{s_2 t_2} \Leftrightarrow i = j$ .

Множеством отношений  $\Omega$  в этом случае является множество  $\Omega = \{=, \sim, P_1, \dots, P_n\}$ . Определим эмпирическую систему, являющуюся представлением матрицы  $(x_{ijst})$ . Пусть  $A = \{a_i^{st}\}$ . Только одно отношение  $\sim$  из  $V$  определено на всем множестве  $A$ . Отношения  $P_s$  определены только на таких парах объектов  $a_i^{s_1 t_1}, a_j^{s_2 t_2}$ , для которых  $t_1 = t_2, s_1 = s_2$ . Введем для отношений из  $\Omega$  третье значение истинности «не определено». Доопределим отношения  $=, P_1, \dots, P_n$  на всем множестве  $A$  с помощью этого значения. Тем самым мы определили предикаты из  $\Omega$  на всем множестве  $A$ , что дает нам эмпирическую систему  $\mathfrak{S} = \langle A, \Omega \rangle$ .

**4.2. Множественные сравнения** [Шмерлинг, 1978]. Пусть дано множество объектов  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ . Группе из  $n$  экспертов поочередно предъявляются все возможные наборы из  $k$  объектов множества  $A$ . Каждый эксперт должен упорядочить каждый набор в соответствии с некоторым предпочтением. Обозначим через  $a_i^{tsl}$  тот факт, что объект с номером  $i$  в наборе с номером  $t$  экспертом  $s$  был поставлен на  $l$ -е место,  $i = 1, \dots, m; s = 1, \dots, n; t = 1, \dots, C_m^k; l = 1, \dots, k$ . Множество полученных упорядоченных наборов обозначим через  $R = \{\langle a_{i_1}^{tsl}, a_{i_2}^{ts2}, \dots, a_{i_k}^{tsk} \rangle\}$ .

Целью методов множественного сравнения является построение результирующего упорядочения объектов по полученным упорядочениям из  $R$ . Поставим в соответствие каждому эксперту  $s$  отношение предпочтения  $P_s(a_{i_1}^{tsl_1}, a_{i_2}^{tsl_2}) \Leftrightarrow I_1 < I_2$ . Определим два отношения эквивалентности  $\sim$  и  $\sim_t$ :

$$a_{i_1}^{t_1 s_1 l_1} \sim a_{i_2}^{t_2 s_2 l_2} \Leftrightarrow i_1 = i_2;$$

$$a_{i_1}^{t_1 s_1 l_1} \sim_t a_{i_2}^{t_2 s_2 l_2} \Leftrightarrow t_1 = t_2;$$

и отношение равенства =

$$a_{i_1}^{t_1 s_1 l_1} = a_{i_2}^{t_2 s_2 l_2},$$

истинное тогда и только тогда, когда в сравнении объектов из набора с номером  $t$  экспертом  $s$  объекты с именами  $a_{i_1}^{t_1 s_1 l_1}$  и  $a_{i_2}^{t_2 s_2 l_2}$  равны между собой. Множеством отношений для методов множественного сравнения будем множество  $\Omega = \{=, \sim, \sim_t, P_1, \dots, P_n\}$ . Информация извлеченная из данных  $R$  задается эмпирической системой, определенной на множестве  $A = \{a_i^{tsl}\}$ ,  $s = 1, \dots, n$ ;  $s = 1, \dots, C_m^k$ ;  $i = 1, \dots, m$ ;  $l = 1, \dots, k$ . Отношения из  $\Omega$  доопределяются на всем множестве  $A$  с помощью значения «не определено». В результате мы получили эмпирическую систему  $\mathfrak{S} = \langle A, \Omega \rangle$ .

**4.3. Матричное представление бинарных отношений.** Бинарное отношение  $P(a, b)$ , определенное на множестве объектов  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ , задается матрицей  $(e_{ij})$ ,  $i, j = 1, \dots, m$ ; где  $e_{ij} = 1(0)$  означает, что  $P(a_i, a_j)$  истинно (ложно). Такой матрицей можно задать произвольное бинарное отношение на множестве  $A$ . Такое представление широко используется в работе [Миркин, 1980, Шрейдер, 1983] ввиду его привычности и простоты. Наиболее часто используются отношения эквивалентности, квазипорядка, частичного порядка и лексикографического порядка.

Матрица бинарного отношения фиксирует некоторое бинарное отношение  $P$ , которое включается во множество  $\Omega$  эмпирической системы  $\mathfrak{S} = \langle A, \Omega \rangle$ ,  $\Omega = \{P\}$ .

Приведем результаты теории измерений, относящиеся к бинарным отношениям.

#### 4.3.1. Отношение толерантности:

$$P(a, a);$$

$$P(a, b) \Leftrightarrow P(b, a).$$

#### 4.3.2. Отношение эквивалентности:

$$P(a, a);$$

$$P(a, b) \Leftrightarrow P(b, a);$$

$$P(a, b) \& P(b, c) \Rightarrow P(a, c).$$

#### 4.3.3. Отношение частичного порядка, для любых $a, b, c \in A$ :

$$P(a, a);$$

$$P(a, b) \& P(b, c) \Rightarrow P(a, c).$$

Числового представления не существует.

#### 4.3.4. Отношение интервального упорядочения, для любых $a, b, c, d \in A$ :

$$\neg P(a, a);$$

$$P(a, b) \& P(c, d) \Rightarrow (P(a, d) \vee P(c, b)).$$

Числовое представление существует. Существуют две вещественнозначные функции  $U, s: A \rightarrow \text{Re}^+$ , такие, что для любых  $a, b \in A$

$$P(a, b) \Leftrightarrow (U(a) + s(a)) < U(b).$$

**4.3.5. Отношение полупорядка.** Отношение  $P$  называется отношением полупорядка, если оно является отношением интервального порядка и для любых  $a, b, c, d \in A$  удовлетворяет аксиоме

$$P(a, b) \& P(b, c) \Rightarrow P(a, d) \vee P(d, c).$$

Числовое представление существует. Существует вещественнозначная функция  $U: A \rightarrow \text{Re}$  такая, что для любых  $a, b \in A$

$$P(a, b) \Leftrightarrow (U(a) + 1) < U(b).$$

**4.3.6. Отношение древовидного порядка.** Отношение  $P$  называется отношением древовидного порядка, если оно является отношением строгого частичного порядка и для любых  $a, b, c \in A$  удовлетворяет аксиоме

$$P(a, b) \& P(a, c) \Rightarrow (P(b, c) \vee P(c, b)).$$

Числового представления не существует.

#### 4.3.7. Отношение квазипорядка, для любых $a, b, c \in A$ удовлетворяет аксиомам

$$P(a, a);$$

$$P(a, b) \& P(b, c) \Rightarrow P(a, c).$$

Числового представления не существует.

**4.3.8. Отношение слабого порядка**, для любых  $a, b, c \in A$  удовлетворяет аксиомам

$$P(a, b) \vee P(b, a);$$

$$P(a, b) \& P(b, c) \Rightarrow P(a, c).$$

Если упорядоченная система  $\langle A; P \rangle$  имеет счетную базу, то числовое представление существует [Шрейдер, 1983].

Не все из приведенных отношений имеют числовые представления. Поэтому не всегда данные, содержащие бинарные отношения, можно представить в некотором числовом пространстве.

Рассмотрим, какие существуют методы обработки бинарных отношений. Большинство методов используют для обработки матриц расстояния или меры близости между матрицами. Эти расстояния и меры вводятся, либо на основании систем аксиом, либо из статистических предположений и свойств отношений.

**4.4. Матрицы упорядочений:**  $(r_{ij})$ ,  $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, n$ ;  $r_{ij}$  – оценка  $i$ -го объекта по  $j$ -му признаку. Такие матрицы могут выражать, либо упорядочения  $k$  объектов  $n$  экспертами, либо упорядочения  $k$  объектов по  $n$  ранговым признакам. Такие матрицы обрабатываются методами многомерного шкалирования [Терехина, 1983], а также методами обработки матричного представления бинарных отношений.

Поставим в соответствие каждому признаку  $j$  отношение  $P_j$ , определенное следующим образом:

Получим множество  $\Omega$  бинарных отношений  $\Omega = \{P_1, \dots, P_n\}$ . Пусть  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$  – множество объектов, на которых получена матрица упорядочений. Тогда эмпирической системой будет модель  $\mathfrak{Z} = \langle A, \Omega \rangle$ .

**4.5. Матрицы близости.** Пусть дано некоторое множество объектов  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ . Матрицей близости для этих объектов называется матрица  $(r_{ij})$ ,  $i, j = 1, \dots, m$ ;  $r_{ij}$  – числовые оценки меры близости (сходства или различия) в порядковой шкале (имеет смысл только сравнение величин  $r_{i_1j_1} < r_{i_2j_2}$ ). Такие матрицы возникают в различных областях при сравнении или оценке экспертом двух объектов в некотором отношении.

Матрицы близости обрабатываются методами многомерного неметрического шкалирования [Терехина, 1983]. Целью этих методов является представление объектов точками в некотором метрическом пространстве (Евклидовом или Римановом) минимальной размерности так, чтобы расстояния  $t_{ij}$  между ними с точностью до порядка соответствовали бы величинам  $r_{ij}$ . Некоторые из этих методов в том же метрическом пространстве, называемом в этом случае объединенным психологическим пространством, представляют также и экспертов. Экспертам ставятся в соответствие точки, прямые или какие-либо другие подмножества метрического пространства. Каждый метод исходит из некоторой модели взаимодействия объекта и субъекта.

После применения методов многомерного шкалирования мы получаем представление данных в метрическом пространстве. Эти данные можно записать в виде матрицы объект-признак, которые рассмотрены ниже.

Определим на множестве  $A$  отношение

$$P(a_{i_1}, a_{i_2}, a_{i_3}, a_{i_4}) \Leftrightarrow r_{i_1i_2} < r_{i_3i_4}.$$

Так как это отношение определено на всем множестве  $A$ , то эмпирической системой будет модель  $\mathfrak{Z} = \langle A, \Omega \rangle$ .

В теории измерений эмпирические системы, включающие подобные четырехместные отношения, обозначаются как  $M = \langle A^*; \leq \rangle$ , где  $A^* \subset A \times A$ ,  $\leq$  – бинарное отношение упорядочения, определенное на  $A^*$ . Приведем некоторые результаты теории измерений, относящиеся к таким эмпирическим системам.

**4.5.1. Шкала положительных разностей** [Krantz et al, 1971, 1989, 1990; с. 147]. Существует гомоморфизм  $\Phi : A^* \rightarrow \text{Re}$ ,  $A \neq \emptyset$ , такой, что для любых пар  $(a, b)$ ,  $(b, c)$ ,  $(c, d)$  из  $A^*$ :

$$(a, b) \leq (c, d) \Leftrightarrow \Phi(a, b) \leq \Phi(c, d),$$

$$P_j(a_{i_1}, a_{i_2}) \Leftrightarrow r_{i_1j} < r_{i_2j}$$

$$\Phi(a, c) = \Phi(a, b) + \Phi(b, c).$$

Отображение  $\Phi$  единственно с точностью до положительного множителя (шкала отношений).

**4.5.2. Шкала алгебраических разностей** [Там же; с. 151]:  $A^* = A \times A$ . Существует

гомоморфизм  $\Phi: A \rightarrow \text{Re}$  такой, что для любых  $a, b, c, d \in A$

$$(a, b) < (c, d) \Leftrightarrow (\Phi(a) - \Phi(b)) < (\Phi(c) - \Phi(d)).$$

Отображение  $\Phi$ , обладающее этим свойством, единственно с точностью до лог-линейных преобразований (шкала интервалов).

**4.5.3. Шкала разностей равных конечных промежутков** [Там же: 168]:  $A^* = A \times A$ ,  $A$  – конечно,  $A^* \neq \emptyset$ . Существует гомоморфизм  $\Phi: A \rightarrow \text{N}$  (натуральные числа), такой, что для любых  $a, b, c, d \in A$

$$(a, b) \leq (c, d) \Leftrightarrow \Phi(a) - \Phi(b) \leq \Phi(c) - \Phi(d).$$

Отображение  $\Phi$  единственно с точностью до линейных преобразований (шкала интервалов).

**4.5.4. Шкала абсолютных разностей:** [Там же: 172]:  $A^* = A \times A$ . Существует гомоморфизм  $\Phi: A \rightarrow \text{Re}$  такой, что

$$(a, b) < (c, d) \Leftrightarrow |\Phi(a) - \Phi(b)| < |\Phi(c) - \Phi(d)|.$$

Отображение  $\Phi$  единственно с точностью до линейных преобразований (шкала интервалов).

**6. Матрица объект-признак**  $(x_{ij})$ ,  $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, n$ ;  $x_{ij}$  – числовое значение  $j$ -го признака на  $i$ -м объекте. Признаки могут быть самыми произвольными как количественными, так и качественными. Тот факт, что такая матрица получена в результате некоторых измерений (опросов, экспериментов, обследований и т. д.), говорит о том, что существует  $n$  приборов или измерительных процедур, сопоставляющих каждому из  $m$  объектов числовые значения  $x_{ij} = x_j(a_i)$  соответствующих признаков.

Данные такого типа имеют наибольшее распространение: анкетирование, тестирование, разнообразные социологические опросы, экспертное оценивание, карты обследований, геологоразведка, экспериментальные данные и т. д. Большинство известных методов предназначено для обработки именно таких данных.

Сопоставим каждому признаку  $x_i$  словарь  $\Omega_i$ . Рассмотрим два случая:

1. Прибор  $x_i$  является хорошо изученным прибором, например, измеряющим некоторую физическую величину, и решаемая задача относится к области физики. Тогда множество  $\Omega$  отношений и операций известно [Krantz et al, 1971, 1989, 1990] и эмпирической системой будет модель  $\mathfrak{S} = \langle A, \Omega \rangle$ .

2. Эмпирическая система прибора  $x_i$  не полностью или не достаточно точно определена, либо решаемая задача не относится к области физики. Такие измерения называют приборными [Пфанцаль, 1976] или косвенными измерениями. Примерами таких измерений являются различные результаты тестирования, социологического опроса, балльные оценки, субъективные оценки и т. д. Все эти величины характеризуются тем, что предметная область, в рамках которой они рассматриваются, недостаточно разработана и поэтому эмпирические системы величин не полностью известны (хотя сам прибор, как, например, физические приборы известны хорошо). В этом случае, как уже говорилось, прибор или тестирование дают нам косвенные измерения интересующих нас величин.

Рассмотрим, как можно определить словарь  $\Omega_i$  приборных измерений.

Для любого числового отношения  $R(y_1, \dots, y_k)$ , определенного на  $\text{Re}$  (множество действительных чисел), можно определить следующее эмпирическое отношение на множестве объектов  $A$ :

$$P_j^R(a_1, \dots, a_k) \Leftrightarrow R(x_j(a_1), \dots, x_j(a_k)).$$

Это отношение может не иметь эмпирической интерпретации. Прибор  $x_j(a)$  имеет эмпирическую интерпретацию, но связь его значений отношением  $R$  может уже не иметь эмпирическую интерпретацию. Поэтому нужно найти такие числовые отношения на  $\text{Re}$ , для которых отношение  $P_j^R$  имело бы эмпирическую интерпретацию. Предположим, что мы перебрали некоторые, наиболее распространенные числовые отношения и нашли, что отношения  $P_j^{R_1}, \dots, P_j^{R_k}$  имеют эмпирическую интерпретацию. Данное множество отношений не пусто, так как, по крайней мере, отношение  $P_j^-$  имеет эмпирическую интерпретацию. Если имеет смысл величина  $x_j(a_1)$ , то смысл отношения

$$P_j^-(a_1, a_2) \Leftrightarrow x_j(a_1) = x_j(a_2)$$

состоит в том, что на объектах  $a_1$  и  $a_2$  величина  $x_j$  принимает одно и то же значение. Отношение  $P_j^-$ , как правило, является отношением эквивалентности. В теории измерений известно много систем аксиом, использующих для некоторых величин только отношение  $P_j^-$ , и приводящих, тем не менее, к сильным шкалам. Определим словарь  $\Omega_i$  приборного измерения  $x_j$



как множество  $\{P_j^{R_1}, \dots, P_j^{R_k}\}$ . В качестве множества отношений и операций эмпирической системы  $\mathfrak{S} = \langle A, \Omega \rangle$  будет множество  $\Omega = \Omega_1 \cup \dots \cup \Omega_n$ .

Из приводимых примеров можно понять, как другие типы данных могут быть представлены эмпирическими системами. Общим аргументом в пользу универсальности извлечения информации с помощью эмпирических систем является методологический принцип теории измерений, состоящий в том, что отношения первичны, а свойства (числовые представления) вторичны. Свойства – это сжатое, закодированное числами представление отношений.

### Литература

- Витяев Е.Е. Компьютерное познание. Информационные технологии в гуманитарных исследованиях, Вып. 13, ИАЭТ СО РАН, – Новосибирск, 2009: 81-87.
- Фридланд А.Я. Информатика: процессы, системы, ресурсы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
- Бешенков С.А., Ракитина Е.А. Моделирование и формализация. Методическое пособие. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002: 336с.
- Витяев Е.Е. Извлечение знаний из данных. Компьютерное познание. Модели когнитивных процессов. – Новосибирск, 2006: 293 с.
- Девид Г. Метод парных сравнений. – М.: Статистика, 1978: 150 с.
- Лихорадка // Малая медицинская энциклопедия, – М.
- Миркин Б.Г. Анализ качественных признаков и структур. – М.: Статистика, 1980: 316 с.
- Терехина А. Ю. Методы многомерного шкалирования и визуализации данных: (Обзор) // Автоматика и телемеханика. № 7, 1973: 80–94.
- Пфанцагль И. Теория измерений. – М.: Мир, 1976: 248 с.
- Шмерлинг Д. С. О построении моделей парных и множественных сравнений со связями // Прикладной многомерный статистический анализ. – М., 1978: 164–189.
- Шрейдер С. А. Систематика, типологии, классификация // Теория и методология биологических классификаций, – М.: Наука, 1983.
- Krantz D.H., Luce R.D., Suppes P., Tversky A. Foundations of Measurement. Acad. Press, – N.Y.; L. 1971; 1989; 1990. Vol. 1–3.
- Vityaev E., Kovalerchuk B.Y., Relational Methodology for Data Mining and Knowledge Discovery. *Intelligent Data Analysis*. Special issue on “Philosophies and Methodologies for Knowledge Discovery and Intelligent Data Analysis” eds. Keith Rennolls, Evgenii Vityaev. v.12(2), IOS Press, 2008: 189-210.

---

## Демин А.В.                      Метод построения «естественной» классификации<sup>3</sup> Витяев Е.Е.

---

*В работе рассматривается метод построения «естественных» классификаций и алгоритмы, используемые при его реализации. Описание метода иллюстрируется на примере решения тестовой задачи. В заключение приводится пример построения «естественной» классификации символов, взятых из различных шрифтов.*

**Ключевые слова:** Интеллектуальный анализ данных, Data Mining, классификация, «естественная» классификация, систематика, KDD&DM.

**1. Понятие «естественной» классификации.** Данная работа является продолжением работ [Витяев, 1983; Витяев, Костин, 1992, 2009; Витяев, Морозова, Сулягин, Лапардин, 2005], посвященных понятию «естественной» классификации. В этих работах было показано, что понятие «естественной» классификации отличается от стандартно понимаемых классификаций, основанных на некоторых априорных предположениях о строении классов: гипотезе компактности, различных мерах близости, по эталонам, по суперцелям и т.д.

Как упоминалось в упомянутых работах, в отличие от приведенных выше классификаций, цель «естественной» классификации состоит в познании предметной области и обнаружении структурных законов строения объектов.

«Естественной» является такая классификация, которая [Забродин, 1981]:

- выражает закон природы;
- предсказывает максимум свойств объекта по его месту в классификации;
- содержит максимум общих утверждений о каждом классе и классификации в целом;
- устойчива относительно изменений классификационных признаков.

В этих работах было показано, что все эти свойства «естественной» классификации могут быть выведены и принципа [Витяев, 1983]:

«Разбиение объектов на классы должно производиться в соответствии с закономерностями, которым удовлетворяют объекты. Точнее, объекты одного класса должны подчиняться одной группе закономерностей, а объекты разных классов разным группам закономерностей.

---

<sup>3</sup> Работа поддержана грантом РФФИ 08-07-00272-а; интеграционными проектами СО РАН № 47, 115, 119, а также работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ и государственной поддержке ведущих научных школ (проект НШ-335.2008.1)

Объекты одного класса также должны обладать некоторой целостностью. Целостность – взаимная согласованность закономерностей каждой группы по взаимопредсказанию свойств объектов. У групп закономерностей могут быть, кроме того, общие закономерности, устанавливающие связь признаков объектов из разных классов».

a)
b)

Рисунок 1. Исходная таблица данных а) и таблица с 2% шумом б).

В данной работе рассматривается практический метод построения «естественной» классификации и алгоритмы, используемые для его реализации. Описание метода иллюстрируется на примере решения тестовой задачи. В заключение приводится пример построения «естественной» классификации символов, взятых из различных шрифтов.

**2. Метод построения «естественной» классификации.** Метод построения «естественной» классификации можно разбить на следующие этапы:

- Определение множества отношений, описывающих признаки объектов на языке логики первого порядка;
- Обнаружение закономерностей;
- Построение «идеальных» описаний «естественных» классов объектов.

Рассмотрим все перечисленные этапы. Для простоты понимания будем иллюстрировать работу метода на примере решения следующей тестовой задачи. В таблице (рис. 1а) представлены 60 объектов (строки таблицы). Каждый объект описывается 17-ю бинарными признаками (столбцы таблицы). Все объекты разбиты на 3 класса: первый класс – строки, содержащие «1» в столбцах с номерами 1-4, второй – строки, содержащие «1» в столбцах 5-10, и третий – строки, содержащие «1» в столбцах 11-17. Далее в таблицу было добавлено 2% равномерного случайного шума (рис. 1б). Задача заключается в том, чтобы на зашумленных данных провести классификацию всех объектов и восстановить «идеальные» описания объектов всех классов.

**3. Определение множества отношений, описывающих признаки объектов.** Первым этапом метода «естественной» классификации является формализация различных признаков объектов и отношений между ними в языке логики первого порядка. В результате формализации получим некоторый набор предикатов **P**, описывающий признаки объектов. В терминах этих предикатов в дальнейшем будет осуществляться поиск закономерностей.

В рассматриваемом нами примере определим набор предикатов

$$\mathbf{P} = \{P_1, P_2, \dots, P_{17}\},$$

где  $P_j(i)$ ,  $i = 1, \dots, 60$ ,  $j = 1, \dots, 17$  имеет вид  $(x_i^j = 1)$  и означает наличие 1 в  $j$ -м столбце и  $i$  строке таблицы.

Для построения «естественной» классификации будем искать закономерности следующего вида:

$$P_{j_1}(i) \& \dots \& P_{j_m}(i) \Rightarrow P_{j_0}(i), \quad (1)$$

где  $P_{j_k} \in \mathbf{P}$ ,  $k = 0, \dots, m$ . Правила данного вида означают, что если в столбцах  $j_1, \dots, j_m$  строки  $i$  таблицы находятся 1, то с некоторой условной вероятностью  $p$  в столбце  $j_0$  также будет находиться 1. Условная вероятность правила  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$  оценивается на обучающем множестве следующим образом:

$$p(P_0 | P_1 \& \dots \& P_m) = N(P_0 \& P_1 \& \dots \& P_m) / N(P_1 \& \dots \& P_m),$$

где  $N(P_0 \& P_1 \& \dots \& P_m)$  – число событий  $P_0 \& P_1 \& \dots \& P_m$  на обучающем множестве,  $N(P_1 \& \dots \& P_m)$  – число событий  $P_1 \& \dots \& P_m$ .

Отметим, что для решения более сложных задач могут быть использованы более сложные предикаты и классы гипотез [Демин, Витяев, 2008, 2009; Демин, Витяев, Полоз, 2007]. В работах [Демин, Витяев, 2008, 2009] описан общий способ задания различных классов гипотез для задач обнаружения закономерностей в таблицах данных. Однако для понимания работы алгоритма будет достаточно рассмотреть его работу на примере обнаружения закономерностей вида (1).

**4. Обнаружение закономерностей.** Алгоритм поиска вероятностных закономерностей основан на методологии семантического вероятностного вывода, описанного в работах [Витяев, 1976, 2006; Витяев, Москвитин, 1993; Kovalerchuk, Vityaev, 2000; Vityaev, 2006]. Отличительной особенностью семантического вероятностного вывода является использование понятия вероятностной закономерности, которое звучит следующим образом.

*Вероятностной закономерностью* называется правило  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$ , удовлетворяющее следующим условиям:

- 1) условная вероятность  $p(P_0 | P_1 \& \dots \& P_m)$  правила определена, т. е.  $p(P_1 \& \dots \& P_m) > 0$ ;
- 2) условная вероятность правила строго больше условных вероятностей правил  $P_{i_1} \& \dots \& P_{i_k} \Rightarrow P_0$ ,  $\{P_{i_1}, \dots, P_{i_k}\} \subset \{P_1, \dots, P_m\}$ , т.е.  $p(P_0 | P_{i_1} \& \dots \& P_{i_k}) < p(P_0 | P_1 \& \dots \& P_m)$ .

Семантический вероятностный вывод позволяет находить все статистически значимые вероятностные закономерности вида  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$ .

Для дальнейшего описания введем несколько определений. Длиной правила  $R = P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$  будем называть величину  $\text{len}(R)$ , равную количеству предикатов, входящих в посылку правила. Правило  $P_1 \& \dots \& P_m \& P_{m+1} \Rightarrow P_0$  является *уточнением* правила  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$ , если оно получено добавлением в посылку правила  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$  произвольного предиката  $P_{m+1}$ . Будем обозначать  $\text{Spec}(\text{RUL})$  множество уточнений всех правил из  $\text{RUL}$ , где  $\text{RUL}$  – произвольное множество правил вида (1). Опишем алгоритм поиска закономерностей, реализующий семантический вероятностный вывод:

На первом шаге генерируем множество  $\text{RUL}_1$  всех правил единичной длины, имеющих вид  $R = P_i \Rightarrow P_0$ ,  $P_i \in \mathbf{P}$ ,  $\text{len}(R) = 1$ . Все правила из  $\text{RUL}_1$  проходят проверку на выполнение условий 1) и 2) вероятностных закономерностей. Правила, прошедшие проверку, будут являться вероятностными закономерностями. Обозначим через  $\text{REG}_1$  множество всех вероятностных закономерностей, обнаруженных на первом шаге, т. е.  $\text{REG}_1 = \{R_i\}$ , где  $i \in I_1$ ,  $R_i = P_j \Rightarrow P_0$ ,  $P_j \in \mathbf{P}$ ,  $\text{len}(R_i) = 1$ ,  $R_i$  – вероятностная закономерность.

На шаге  $k \leq d$  генерируется множество  $\text{RUL}_k$  всех уточнений правил, сгенерированных на предыдущем шаге,  $\text{RUL}_k = \text{Spec}(\text{RUL}_{k-1})$ . Все правила из  $\text{RUL}_k$  проходят проверку на

выполнение условий 1) и 2) вероятностных закономерностей. Обозначим через  $REG_k$  множество всех вероятностных закономерностей, обнаруженных на данном шаге, т. е.  $REG_k = \{R_i\}$ , где  $i \in I_k$ ,  $R_i = P_1 \& \dots \& P_k \Rightarrow P_0$ ,  $P_j \in \mathbf{P}$ ,  $\text{len}(R_i) = k$ ,  $R_i$  – вероятностная закономерность.

На шаге  $k > d$  генерируется множество  $RUL_k$  всех уточнений всех вероятностных закономерностей, обнаруженных на предыдущем шаге,  $RUL_k = \text{Spec}(RUL_{k-1})$ . Все правила из  $RUL_k$  проходят проверку на выполнение условий для вероятностных закономерностей. Обозначим через  $REG_k$  множество всех вероятностных закономерностей, обнаруженных на данном шаге, т. е.  $REG_k = \{R_i\}$ , где  $i \in I_k$ ,  $R_i = P_1 \& \dots \& P_k \Rightarrow P_0$ ,  $P_j \in \mathbf{P}$ ,  $\text{len}(R_i) = k$ ,  $R_i$  – вероятностная закономерность.

Алгоритм останавливается, когда невозможно далее уточнить ни одно правило, т. е. когда  $RUL_k = \text{Spec}(RUL_{k-1}) = REG_{k-1} = \emptyset$ . Результирующее множество всех закономерностей  $REG$  будет равно объединению всех  $REG_i$ :  $REG = \bigcup_i REG_i$ .

Шаги алгоритма  $k \leq d$  называются базовым перебором, а шаги  $k > d$  – дополнительным перебором. Величина  $d$  называется глубиной базового перебора и является параметром алгоритма.

Чтобы проверить при помощи обучающего множества, является ли некоторое правило  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$  вероятностной закономерностью, необходимо проверить выполнимость вероятностных неравенств 1) и 2), и оценить его статистическую значимость.

Для проверки статистической значимости правила используется статистический критерий Фишера (точный критерий независимости Фишера для таблиц сопряженности) [Кендал, Стюарт, 1973]. Если правило удовлетворяет этому критерию с некоторым доверительным уровнем  $\alpha$ , а также удовлетворяет условиям 1) и 2), то оно будет являться вероятностной закономерностью.

Для нахождения всех закономерностей вида (1) мы последовательно берем каждый предикат из  $\mathbf{P}$  в качестве целевого и при помощи описанного алгоритма находим множество предсказывающих его закономерностей.

**5. Построение «идеальных» описаний объектов «естественной» классификации.** Следующим этапом построения «естественной» классификации является воссоздание «идеальных» описаний объектов классов. Если объекты классов обладают некоторой целостностью, то она проявится в структуре закономерных связей, связывающих части – признаки объектов в единое целое. Структура закономерных связей и будет определять связь частей – признаков объекта в единое целое.

Процедура идеализации сводится к дополнению описания реального объекта признаками, которые с высокой вероятностью предсказываются закономерностями, применимыми к имеющимся признакам, и, наоборот, удаляем те признаки, которые опровергаются закономерностями (предсказывается отсутствие признака), применимыми к имеющимся признакам. Эта процедура продолжается до тех пор, пока не будут включены все предсказанные признаки и не будут отсеяны все опровергающиеся. Эта процедура регулируется критерием взаимосоогласованности закономерностей, который при каждом шаге должен строго увеличивать своё значение.

Определим наборы предикатов, являющиеся «идеальным» описанием классов. Для этого введем критерий взаимной согласованности закономерностей по предсказанию на этих объектах.

Будем говорить, что закономерность  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$  применима к набору  $\{P_{i_1}, \dots, P_{i_k}\}$ , если  $\{P_1, \dots, P_m\} \subseteq \{P_{i_1}, \dots, P_{i_k}\}$ . Если закономерность  $P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$  применима к набору  $\{P_{i_1}, \dots, P_{i_k}\}$  и ее заключение  $P_0$  выполнимо на этом наборе:  $P_0 \in \{P_{i_1}, \dots, P_{i_k}\}$ , то будем говорить, что эта закономерность *подтверждается* на этом наборе. Если закономерность применима к набору, но ее заключение не выполняется на этом наборе:  $P_0 \notin \{P_{i_1}, \dots, P_{i_k}\}$ , то будем говорить, что она *опровергается* на этом наборе.

Определим *критерий взаимной согласованности закономерностей* по предсказанию на наборе предикатов  $\{P_1, \dots, P_m\}$  следующим образом:



$$\Gamma\{P_1, \dots, P_m\} = \sum_{R \in \Pi} p(R) - \sum_{R \in O} p(R),$$

где  $\Pi$  – множество закономерностей, подтверждающихся на наборе  $\{P_1, \dots, P_m\}$ ,  $O$  – множество закономерностей, опровергающихся на этом наборе.

«Идеальным» описанием объектов «естественного» класса будем называть такой набор предикатов  $\{P_1, \dots, P_m\}$ , для которого критерий  $\Gamma$  имеет локальный максимум: при добавлении в набор или удалении из набора любого предиката значение критерия строго уменьшается.

Рассмотрим алгоритм построения «идеальных» описаний объектов класса. Пусть мы получили множество закономерностей  $REG$  при помощи описанного выше алгоритма поиска закономерностей. Задача заключается в том, чтобы, используя множество закономерностей  $REG$ , найти все наборы предикатов  $\{P_1, \dots, P_m\}$ , удовлетворяющие определению «идеального» описания объектов «естественного» класса.

Алгоритм построения «идеального» описания объектов класса итеративный. Началом итерации может служить произвольный набор предикатов  $I = \{P_1, \dots, P_m\}$ . Рассмотрим алгоритм построения «идеального» описания из некоторого начального набора  $I = \{P_1, \dots, P_m\}$ .

1. Рассчитываем критерий взаимной согласованности закономерностей для набора  $I$ :  $\Gamma(I) = \Gamma\{P_1, \dots, P_m\}$ .

а. Находим максимальное значение критерия при добавлении одного нового предиката к набору. Для этого мы перебираем все предикаты  $P$  из  $\mathbf{P}$ , не входящие в набор  $I$ :  $P \in \mathbf{P} \setminus \{P_1, \dots, P_m\}$ . Для каждого предиката  $P \in \mathbf{P} \setminus \{P_1, \dots, P_m\}$  мы строим новый набор  $I^{new} = \{P_1, \dots, P_m, P\}$  и рассчитываем для него значение критерия  $\Gamma(I^{new}) = \Gamma\{P_1, \dots, P_m, P\}$ .

Обозначим тот набор  $I^{new}$ , на котором было получено максимальное значение критерия  $\Gamma$ , через  $I^+$ .

б. Находим максимальное значение критерия при удалении одного предиката из набора. Для этого мы перебираем все предикаты  $P \in \{P_1, \dots, P_m\}$ , входящие в набор  $I$ . Для каждого предиката  $P \in \{P_1, \dots, P_m\}$  мы строим новый набор  $I^{new} = \{P_1, \dots, P_{m-1}\}$ ,  $P \notin \{P_1, \dots, P_{m-1}\}$ , не содержащий  $P$ , и рассчитываем для него значение критерия  $\Gamma$ :  $\Gamma(I^{new}) = \Gamma\{P_1, \dots, P_{m-1}\}$ . Обозначим тот набор  $I^{new}$ , на котором было получено максимальное значение критерия  $\Gamma$ , через  $I^-$ .

2. Если  $\Gamma(I) > \Gamma(I^+)$  и  $\Gamma(I) > \Gamma(I^-)$ , то локальный максимум критерия  $\Gamma$  найден, набор  $I$  будет являться «идеальным» описанием объектов класса и алгоритм останавливается. В противном случае мы переопределяем начальный набор следующим образом: если  $\Gamma(I^+) \geq \Gamma(I^-)$ , то  $I = I^+$ , если  $\Gamma(I^+) < \Gamma(I^-)$ , то  $I = I^-$ , и переходим к шагу 1.

Для того, чтобы найти все «идеальные» описания объектов классов, необходима некоторая стратегия генерации начальных наборов предикатов, из которых при помощи описанного

алгоритма будут конструироваться «идеальные» описания. Нами предлагается следующий алгоритм генерации начальных наборов.

Пусть  $REG$  – множество закономерностей, полученное при помощи описанного выше алгоритма поиска закономерностей.  $IDL$  – множество найденных «идеальных» описаний, изначально  $IDL = \emptyset$ . Для каждой закономерности  $R = P_1 \& \dots \& P_m \Rightarrow P_0$ ,  $R \in REG$  инициализируется набор предикатов  $I = \{P_1, \dots, P_m\}$ , состоящий из всех предикатов, входящих в условную часть правила  $R$ . При помощи описанного выше алгоритма из набора  $I$  конструируется «идеальное» описание  $I_{ideal}$ . Если  $I_{ideal} \notin IDL$ , то добавляем его в  $IDL$ . Алгоритм останавливается после того как будет осуществлен перебор всех закономерностей  $R \in REG$ .

В рассматриваемом нами примере при использовании данного алгоритма было получено 3 «идеальных» описания объектов классов:

1.  $I_1 = \{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ ;
2.  $I_2 = \{P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}\}$ ;
3.  $I_3 = \{P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}, P_{16}, P_{17}\}$

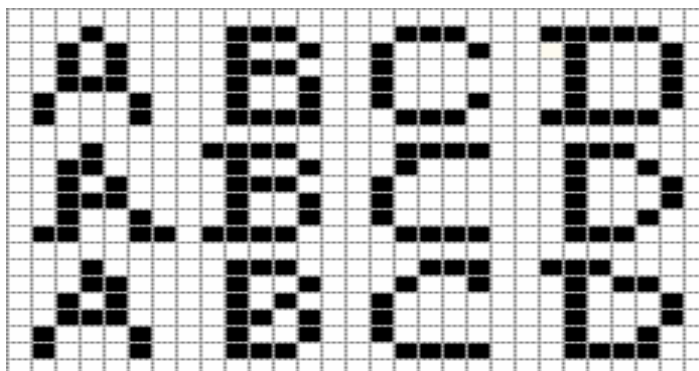


Рисунок 2. Набор символов.

Легко видеть, что полученные «идеальные» описания полностью соответствуют трем классам объектов, заданных в таблице.

**6. Классификация объектов.** Каждому найденному «идеальному» описанию соответствует некоторое множество объектов, которое является «естественным» классом. Множество всех классов образует «естественную» классификацию. Рассмотрим, каким образом используя полученные классы и их «идеальные» описания осуществить классификацию некоторого объекта.

Пусть  $REG$  – множество обнаруженных закономерностей,  $IDL$  – множество найденных «идеальных» описаний, а  $i$  – некоторый объект (в рассматриваемом нами примере – некоторая строка таблицы).

Пусть  $IDL = \{I_1, \dots, I_n\}$ , т.е. было найдено  $n$  классов и соответствующих им «идеальных» описаний. Чтобы определить, к какому классу соотнести объект  $i$ , мы для каждого класса рассчитываем критерий взаимосогласованности закономерностей данного класса на объекте  $i$  и выбираем тот класс, на котором этот критерий будет максимален. Рассмотрим эту процедуру более подробно.

Пусть  $\{P_1, \dots, P_m\}$  – набор предикатов, описывающих объект  $i$ . Описанием объекта  $i$  является набор всех предикатов  $\{P_1, \dots, P_m\}$ ,  $P_j \in P$ ,  $j = 1, \dots, m$ , принимающих значение «истина» на объекте  $i$ , т.е.  $P_j(i) = 1$ ,  $j = 1, \dots, m$ . Пусть  $REG_{I_k} \subseteq REG$  – множество закономерностей из  $REG$ , применимых к «идеальному» описанию  $I_k$ .

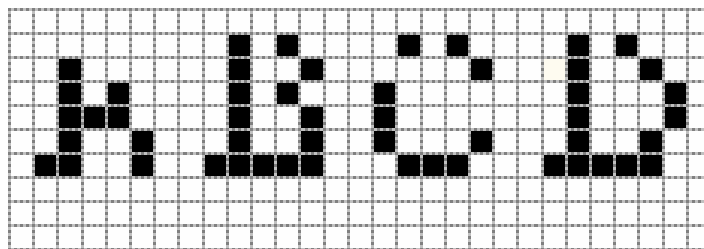
Для каждого «идеального» описания  $I_k$ ,  $k = 1, \dots, n$  мы рассчитываем критерий взаимосогласованности следующим образом:

$$\Gamma_{I_k}(i) = \sum_{R \in \Pi} p(R) - \sum_{R \in O} p(R),$$

где  $\Pi \cup O$  – множество закономерностей из  $REG_{I_k}$ , применимых к объекту  $i$ ,  $\Pi$  – множество закономерностей, подтверждающихся на объекте  $i$ ,  $O$  – множество закономерностей, опровергающихся на объекте  $i$ . Искомый классом для объекта  $i$  будет являться тот класс, на котором критерий  $\Gamma_{I_k}(i)$  будет максимальным.

В рассматриваемом нами примере данным методом классификации все строки таблицы были расклассифицированы правильно: строки 1-10 были отнесены к первому классу, строки 11-30 – ко второму, строки 31-60 – к третьему.

На данном примере также можно увидеть влияние параметра  $\alpha$  (доверительный уровень при проверке статистической значимости правил), используемого при обнаружении закономерностей, на результат построения «естественной» классификации. Поскольку в данном примере был добавлен 2% шум, то, при использовании слишком высокого доверительного уровня, алгоритмом будет обнаружено много статистически неподтвержденных закономерностей, и, как следствие, могут быть построены ложные классы. С другой стороны, первый класс объектов (строки 1-10) представлены в таблице данных только десятью примерами, к тому же зашумленными, поэтому при использовании слишком низкого доверительного уровня, алгоритм может не обнаружить на этих примерах ни одной статистически значимой закономерности, что приведет к тому, что



**Рисунок 3.** «Идеальные» описания объектов классов.

данный класс не будет идентифицирован. В наших экспериментах все три класса были правильно построены при использовании  $\alpha = 0.005$ .

**7. Пример построения «естественной» классификации символов.** В качестве демонстрации того, как метод «естественной» классификации группирует объекты, рассмотрим задачу классификации символов «А», «В», «С» и «D», взятых из трех различных шрифтов (рисунок 2). Все символы изображены на сетке размером 6×6 пикселей. Чтобы представить символы в виде таблицы объект-признак, мы закодировали каждый символ в виде строки, содержащей 36 позиций – по количеству пикселей в изображении. Если пиксель имел черный цвет, то в соответствующей позиции строки записывалась цифра «1», если белый – «0». Таким образом, была сформирована таблица данных, содержащая 12 строк – по числу символов, и 36 столбцов – по числу пикселей в каждом символе. Для описания объектов нами было определено 36 предикатов, которые, по аналогии с предыдущей задачей, принимали значение «истина», если в соответствующей позиции строки находилась цифра «1». Далее, в соответствии с описанным методом, мы извлекли из таблицы данных множество закономерностей и осуществили процедуру построения «идеальных» описаний объектов классов. В результате было получено 4 «идеальных» описаний объектов и, соответственно, 4 класса. По полученным «идеальным» описаниям мы воссоздали их графическое представление, которое приведено на рисунке 3. Как видно из рисунка, графические представления «идеальных» объектов соответствуют четырем классам символов: «А», «В», «С» и «D». В заключении мы провели классификацию всех 12 символов. В результате все три символа «А» были отнесены к первому классу, символы «В» ко второму, «С» – к третьему, «D» – к четвертому.

### Литература

- Демин А.В., Витяев Е.Е. Разработка универсальной системы извлечения знаний «Discovery» и ее применение // Вестник НГУ, серия: Информационные технологии. Т. 7. – Вып. 1, 2009: 73-83.
- Демин А.В., Витяев Е.Е. Реализация универсальной системы извлечения знаний «Discovery» и ее применение в задачах финансового прогнозирования // Информационные технологии работы со знаниями: обнаружение, поиск, управление. Вып. 175. Выч. системы. – Новосибирск, 2008: 3-47.
- Демин А.В., Витяев Е.Е., Полоз Т.Л. Реализация универсальной системы извлечения знаний «Discovery» и ее применение в задачах медицинской диагностики // Тр. Всероссийской Конференции с международным участием «Знания – Онтологии – Теории», Том 1. – Новосибирск, 2007: 63–70.
- Витяев Е.Е. Классификация как выделение групп объектов, удовлетворяющих разным множествам согласованных закономерностей // Анализ разнотипных данных. Вып. 99: Выч. системы. – Новосибирск, 1983: 44-50.
- Витяев Е.Е., Костин В.С. Естественная классификация как закон природы // Интеллектуальные системы и методология. Материалы научно-практического симпозиума "Интеллектуальная поддержка деятельности в сложных предметных областях", Вып.4. – Новосибирск, 199: 107-115.
- Витяев Е.Е., Костин В.С. Естественная классификация, систематика, онтология. Информационные технологии в гуманитарных исследованиях, Вып. 13, ИАЭТ СО РАН. – Новосибирск, 2009: 65-75
- Витяев Е.Е., Морозова Н.С., Сутягин А.С., Лапардин К.А. Естественная классификация и систематика как законы природы // Анализ структурных закономерностей. Вып. 174: Выч. системы. – Новосибирск, 2005: 80-92.
- Витяев Е.Е. Извлечение знаний из данных. Компьютерное познание. Модели когнитивных процессов. – Новосибирск: НГУ, 2006: 293 с.
- Витяев Е.Е., Москвитин А.А. Введение в теорию открытий. Программная система Discovery // Логические методы в информатике. Вып. 148: Выч. системы. – Новосибирск, 1993: 117-163.
- Витяев Е.Е. Метод обнаружения закономерностей и метод предсказания // Эмпирическое предсказание и распознавание образов. Вып. 67: Выч. системы. – Новосибирск, 1976: 54-68.
- Забродин В.Ю. О критериях естественной классификации // НТИ, 1981. Сер.2, №8.
- Кендал М., Стюарт А. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973: 899 с.
- Kovalerchuk B., Vityaev E. Data Mining in Finance: Advances in Relational and Hybrid methods. – Kluwer Academic Publishers, 2000: p.308.
- Evgenii Vityaev. The logic of prediction. In: Mathematical Logic in Asia. Proceedings of the 9th Asian Logic Conference (August 16-19, 2005, Novosibirsk, Russia), edited by S.S. Goncharov, R. Downey, H. Ono, World Scientific, Singapore, 2006: 263-276

Холюшкин Ю.П.

Репродуктивное поведение<sup>4</sup>

*Задачей данной статьи является демонстрация возможности применения метода системного классификационного анализа к биологическим данным.*

**Ключевые слова:** системная классификация, классификационный фрагмент, сезонное размножение, бесполое размножение, гермафродитизм, половое размножение.

Биологическая приспособленность определяется не только способностью данной особи выжить, но также ее способностью внести свой вклад в генофонд следующего поколения, т.е. дать потомство. Организм, который успешно обеспечивает себя водой и пищей, находит убежище и избегает хищников, но терпит неудачу в размножении, будет обладать нулевой приспособленностью. Поэтому очевидно, что репродуктивное поведение имеет важное значение для приспособленности и тесно связано с самим определением вида.

С этой целью приведем классификационный фрагмент «Репродуктивный период» (Рис. 1)

Размножение					
Сезонное размножение			Круглогодичное размножение		
Бесполое размножение		Гермафродитизм		Половое размножение	
СБПР	ПБР	СГР	ПГР	СПР	ППР
Типы размножения					
Клеточное деление	Почкование	Самооплодотворение	Партогенетическое размножение	Слияние мужских и женских гамет	

Рис. 1 Классификационный фрагмент «Репродуктивный период».

Размножение – центральный вопрос, поскольку с этим процессом связана значительная часть различий в жизненных циклах. По своим особенностям цикл размножения может быть сезонным и круглогодичным (постоянным). Многие виды, особенно обитающие в умеренных зонах, размножаются только в определенное время года. Так пик репродуктивной активности у птиц падает на весну. Многие виды оленей и лоси размножаются осенью, волки и койоты в середине зимы, некоторые тюлени и морские львы – в конце весны и в начале лета. Общим знаменателем для всех этих различных сезонов размножения служит время рождения детенышей в конце весны и начале лета. По-видимому, главное преимущество сезонности – является то, что оно позволяет приурочить появление потомства к хорошей погоде и наибольшему обилию пищевых ресурсов [Дьюсбери, 1981: 85]. В тоже время у высших млекопитающих копулятивное поведение можно вызывать в любое время года, хотя, за исключение человека, в природе это происходит, к примеру, у макак-резусов чаще всего осенью. Согласно такому репродуктивному поведению и построена диадная группа.

Как мы указывали выше, сущность размножения состоит в создании новых генетических комбинаций.

В триадной группе мы попытались представить основные типы процессов размножения. Согласно этой классификации выделяются: бесполое размножение, гермафродитизм, половое размножение.

Бесполое размножение встречается, прежде всего, у одноклеточных организмов. К примеру, у таких простейших, как парамеции, происходит аутогамия.

Другие формы, в том числе плоские черви и моллюски гермафродитны, т.е. имеют одновременно как мужские (производящие сперму), так и женские (производящие яйца) половые железы. Существуют гермафродитные формы, способные к самооплодотворению [Bermant, Davidson, 1974].

В наиболее типичных случаях огромное большинство животных, особенно форм, возникших сравнительно недавно, размножается половым путем. В результате такого размножения самец и

<sup>4</sup> Продолжение статьи Холюшкин Ю.П. Некоторые подходы к системной классификации биологических и социальных циклов // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. Вып. 12. – Новосибирск. 2008: 9-11.

самка спариваются и производят особей, генотипы которых не идентичны ни генотипу отца, ни генотипу матери.

Диадно-триадная группа показывает системную связь между двойными и тройными группами.

Альтернативно-тождественное понятие раскрывает суть типов размножения.

В пентадной группе приведены основные типы размножения.

Здесь в качестве первого пентадного понятия приведено «клеточное деление». Как правило, оно осуществляется путём простого деления клетки надвое. Например, парамеции способны делиться надвое с образованием двух новых дочерних организмов, генетически идентичных исходной особи. У некоторых простейших (например, фораминифер) происходит деление на большее число клеток. Во всех случаях образующиеся клетки полностью идентичны исходной клетке. Крайняя простота этого способа размножения, связанная с относительной простотой организации одноклеточных организмов, позволяет размножаться очень быстро. Так, в благоприятных условиях количество бактерий может удваиваться каждые 30-60 минут. Размножающийся бесполом путём организм способен бесконечно воспроизводить себя, пока не произойдёт спонтанное изменение генетического материала – мутация. Если эта мутация благоприятна, то она сохранится в потомстве мутировавшей клетки, которое будет представлять собой новый клеточный клон. Нередко бесполому размножению бактерий предшествует образование спор. Бактериальные споры – это покоящиеся клетки со сниженным метаболизмом, окружённые многослойной оболочкой, устойчивые к высушиванию и другим неблагоприятным условиям, вызывающим гибель обычных клеток. Спорообразование служит как для переживания таких условий, так и для расселения бактерий: попав в подходящую среду, спора прорастает, превращаясь в вегетативную (делящуюся) клетку.

Бесполое размножение с помощью одноклеточных спор свойственно и различным грибам и водорослям. Споры во многих случаях образуются путём митоза (митоспоры), причём иногда (особенно у грибов) в огромных количествах; при прорастании они воспроизводят материнский организм. Некоторые грибы, например злостный вредитель растений фитофтора, образуют подвижные, снабжённые жгутиками споры, называемые зооспорами или бродяжками. Проплавав в капельках влаги некоторое время, такая бродяжка «успокаивается», теряет жгутики, покрывается плотной оболочкой и затем, в благоприятных условиях, прорастает.

Некоторым видам одноклеточных организмов свойственна такая форма бесполого размножения, как почкование. В этом случае происходит митотическое деление ядра. Одно из образовавшихся ядер перемещается в формирующееся локальное выпячивание материнской клетки, а затем этот фрагмент отпочковывается. Дочерняя клетка существенно меньше материнской, и ей требуется некоторое время для роста и достраивания недостающих структур, после чего она приобретает вид, свойственный зрелому организму. Почкование – вид вегетативного размножения. Почкованием размножаются многие низшие грибы, например дрожжи и даже многоклеточные животные, например пресноводная гидра. При почковании дрожжей на клетке образуется утолщение, постепенно превращающиеся в полноценную дочернюю клетку дрожжей. На теле гидры несколько клеток начинают делиться, и постепенно на материнской особи вырастает маленькая гидра, у которой образуются рот со щупальцами и кишечная полость, связанная с кишечной полостью «матери». Если материнская особь поймает добычу, то часть питательных веществ попадает и в маленькую гидру, и, наоборот, дочерняя особь, охотясь, также делится пищей с материнской особью. Вскоре маленькая гидра отделяется от материнского организма и обычно располагается рядом с ней.

Среди типов размножения можно привести самооплодотворение, представляющее собой способность некоторых животных к слиянию мужской и женской половых клеток, принадлежащих одной обоеполой особи.

В природе самооплодотворение встречается редко: в процессе эволюции у организмов обычно вырабатывались приспособления, устраняющие возможность самооплодотворения.

Среди животных самооплодотворение наблюдается у гидр, плоских червей, некоторых кольчатых червей, моллюсков, рыб; среди растений – у многих водорослей, грибов, цветковых растений (у последних в результате самоопыления). Следует также упомянуть и способность многих насекомых и некоторых рыб к партеногенетическому размножению, при котором потомство развивается из неоплодотворенных яиц. И наконец, половой способ размножения, происходящий путем слияния мужских и женских гамет.

Рассмотрим классификационный фрагмент «Половое размножение» (Рис.2.)

В классификационном фрагменте диадная группа построена по принципу производства потомства либо за один единственный акт размножения (моноцикличность, а в ботанике монокарпия), либо за несколько независимых, в течение или после каждого из которых, организмы поддерживают себя в состоянии, благоприятствующем выживанию и последующему размножению (полицикличность; поликарпия в ботанике).

Половое размножение (с.1)					
Моноцикличное размножение			Полицикличное размножение		
Докопуляционный период		Копуляционный период		Послекопуляционный период	
Циклы стратегии размножения					
Поиск	Ухаживание	Спаривание	Последствия спаривания	Забота о потомстве	

Рис. 2. Классификационный фрагмент «Половое размножение»

В данном фрагменте первое триадное понятие характеризуется подготовительным периодом к копуляции. Этот период связывается не только с периодом репродуктивной активности, но и температурными и иными условиями среды.

Копуляционный период отражает характерные условия брачного поведения, завершаемые актом совокупления (копуляции), обеспечивающего оплодотворение.

Послекопуляционный период характеризует послеродовой период, связанный с заботой о подрастающем поколении.

В диадно-триадной группе могут быть отражены все сезонные моноциклические и полициклические фазы полового размножения.

В качестве альтернативно-тождественного понятия введены циклы стратегии размножения, а конкретные циклы указаны в пентадной группе.

Здесь в качестве первого понятия приведен поиск партнера. Говоря о выборе партнера, следует отметить, что для этого особи следует отыскивать партнера надлежащего вида и пола, члены которого для этого «приспособлены». Далее было бы выгодно найти такого «супруга», который будет достаточно активно участвовать в выращивании потомства и не уйдет, прежде чем этот труд не будет закончен [Дьюсбери, 1981: 85].

Функция ухаживания состоит в том, чтобы свести вместе двух животных разного пола в условиях, обеспечивающих большую вероятность успешного спаривания.

Брачное поведение завершается спариванием. Спаривание приводит к внутреннему или наружному оплодотворению и связано со сложными видоспецифическими формами поведения.

Последствия спаривания характеризуются наступлением беременности. В этот период у самки могут индуцироваться необходимые для зачатия нейроэндокринные реакции и период готовности к спариванию прекращается. Завершается период родами.

Этот целостный репродуктивный период завершается заботой о яйцах, о потомстве или же о том и другом.

## Литература

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М., 1989.

Дьюсбери Д. Поведение животных. Сравнительные аспекты. – М., 1981.

Мазнев Н.Н. Лечебник. Народные способы// <http://lechebnik.info/415/index.htm>

Холушкин Ю.П., Гражданников Е.Д. Системная классификация археологической науки (элементарное введение в археологическое науковедение). Новосибирск: Изд-во ИДМИ Минобразования. – Новосибирск., 2000: 58 с.

Begon M. A General of life history variation // Behavioral Ecology. – Oxford, 1985: 91-97.

Bermant G., Davidson J.M. Biological bases of sexual behavior. N.-Y

Southwood T.R.E. Habitat, the temple for ecological strategies? // Journal of Animal Ecology. V.46, 1977: 337-365.

---

## Холушкин Ю.П. Классификационный фрагмент «Ресурсы»

---

*В публикации рассматривается классификационный фрагмент «ресурсы» – как элемент природы, часть всей совокупности природных условий и важнейшие компоненты природной среды, которые используются (либо могут быть использованы) при данном уровне развития производительных сил для удовлетворения разнообразных потребностей общества и общественного производства.*

**Ключевые слова:** энергетические ресурсы, пластические ресурсы, незаменимые ресурсы, взаимозаменяемые ресурсы, взаимодополняющиеся ресурсы, природные ресурсы

Наука заимствует многие слова из повседневной речи, а они подчас влекут за собой ворох смысловых оттенков, имеющих к науке весьма отдаленное отношение. Сказанное относится и к такому слову, как ресурсы.

Приведем классификационный фрагмент «Ресурсы» (Рис. 1).

Природные ресурсы (с.1)					
Энергетические ресурсы			Пластические ресурсы		
Незаменимые ресурсы		Взаимодополняющиеся ресурсы		Взаимозаменяемые ресурсы	
Виды ресурсов					
Полезные ископаемые	Воздушные ресурсы	Водные ресурсы	Растительные ресурсы	Животные ресурсы	

Рис. 1 Классификационный фрагмент «Ресурсы»

Природные ресурсы (естественные ресурсы) – элементы природы, часть всей совокупности природных условий и важнейшие компоненты природной среды, которые используются (либо могут быть использованы) при данном уровне развития производительных сил для удовлетворения разнообразных потребностей общества и общественного производства.

Природные ресурсы являются главным объектом природопользования, в процессе которого они подвергаются эксплуатации и последующей переработке. Главные виды природных ресурсов – солнечная энергия, внутриземное тепло, водные, земельные и минеральные ресурсы – являются средствами труда. Растительные ресурсы, животный мир, питьевая вода, дикорастущие растения – являются предметами потребления.

В качестве первого диадного понятия приведены «Энергетические ресурсы». К ним относят разнообразные виды ресурсов, используемых для производства энергии: горючие полезные ископаемые (нефть, газ, уголь, битуминозные сланцы и др.); гидроэнергоресурсы (энергия речных вод, приливная энергия и т.п.); источники биоэнергии (топливная древесина, биогаз из отходов сельского хозяйства.); источники ядерной энергии (уран и радиоактивные элементы).

Пластические ресурсы представляют собой совокупность всех процессов синтеза сложных органических веществ. Эти вещества идут на построение органоидов клетки, на создание новых клеток при делении. Пластический обмен всегда сопровождается поглощением энергии. Энергетический обмен (катаболизм) – совокупность реакций расщепления (переход веществ, энергетически более богатых, в вещества, бедные энергией). Энергия освобождается в реакциях разложения, когда сложные вещества распадаются на более простые, высокомолекулярные – на низкомолекулярные. Освободившаяся энергия используется затем в ходе пластического обмена. Для реакций обмена характерна высокая организованность и упорядоченность. Каждая из них осуществляется с помощью специального фермента в определенном органе клетки. Ферменты в большинстве случаев располагаются мономолекулярными слоями на мембранах, выстилающих их в том порядке, в котором они работают. Пространственная упорядоченность ферментов обеспечивает необходимую последовательность реакций. Таким образом, создается громадная активная поверхность, своего рода ферментный конвейер, где с быстротой и эффективностью, невозможной в иных условиях, последовательно протекают химические реакции. Реакции пластического и энергетического обмена необходимо дополняют друг друга и в своем противоречивом единстве составляют обмен веществ и энергии в каждой клетке и в организме в целом. Совокупность реакций синтеза (анаболические реакции) и распада (катаболические реакции), протекающих в клетке. Таким образом, пластические ресурсы связаны с пластическим обменом у организмов, среди которых можно упомянуть:

- а) синтез органических веществ из неорганических веществ под действием энергии солнца в зеленых растениях;
- б) окисление органических веществ под действием кислорода;
- в) синтез минеральных веществ;
- г) окисление минеральных веществ.

По экономической целесообразности и принципиальной возможности замены природные ресурсы подразделяют на незаменимые, взаимодополняющие ресурсы и взаимозаменяемые ресурсы.

Незаменимые ресурсы – это когда один ресурс не в состоянии заменить другой, который в свою очередь становится жестким лимитирующим фактором. Ресурсы могут выступать



лимитирующим фактором, поскольку никто не отменял закона толерантности при использовании компонентов среды как ресурсов. Здесь в полной мере, в особенности относительно высших растений, действует закон независимости факторов В.Р. Вильямса, причем каждый из ресурсов ( $CO_2$ ,  $H_2O$ , K, S, P, N и др.) добывается независимо от других и, зачастую, своим особым способом. При высокой ресурсной обеспеченности незаменимые ресурсы становятся токсичными, превращаясь в лимитирующие факторы, выходящие за верхний предел толерантности к ним организмов. Например, в результате загрязнения почв создается избыток калия, кадмия и т.п. для растений, при вырубке леса – избыток света для тенелюбивых растений, и др.

Ресурсы могут быть взаимодополняемыми в том смысле, что увеличение количества одного из них, применяемого в процессе производства, повлечет за собой увеличение количества другого ресурса и наоборот. Если труд и капитал являются взаимодополняемыми, то снижение цены на машинное оборудование приводит к повышению спроса на труд. Изменение в цене взаимодополняемого ресурса приводит к разнонаправленному изменению спроса на другой ресурс.

Взаимозаменяемые ресурсы – это когда любой из двух ресурсов можно заменить другим, при этом они могут быть и различного качества, т.е. взаимозаменяемость – это еще не значит равноданность. Они могут быть взаимодополняющими и антагонистическими. У плотоядных животных практически любую поедаемую ими пищу, т.е. добычу, можно заменить другой в том же объеме: одну косулю — несколькими зайцами, зайца – десятками мелких грызунов, и т. п. Но взаимозаменяемые ресурсы могут быть взаимодополняющими, если при совместном потреблении обоих ресурсов в совокупности их требуется меньше, чем при раздельном потреблении. Например, чтобы получить одни и те же калории при питании, можно съесть отдельно определенный объем риса, или, тоже отдельно, определенный объем бобов. Но если их употреблять совместно, то совмещенный объем съеденного риса и бобов будет меньше, при тех же калориях.

Однако может быть и, наоборот: при совместном потреблении ресурсов для поддержания жизни организмов обоих ресурсов расходуется больше, чем при раздельном потреблении. Такие ресурсы называются антагонистическими. Такое бывает, если, например, один ресурс содержит одно токсичное соединение, а второй – другое, тогда поедание обоих ресурсов более неблагоприятным образом сказывается на росте организмов, чем если бы они питались одним из ресурсов.

Среди видов ресурсов следует различать: полезные ископаемые, которые представлены двумя типами:

а) Невозобновимые минеральные ресурсы. Более сотни негорючих материалов добываются из земной коры в настоящее время. Минералы образуются и видоизменяются в результате процессов, происходящих в ходе образования земных горных пород на протяжении многих миллионов лет. Использование минерального ресурса включает в себя несколько этапов. Первый из них – это обнаружение достаточно богатого месторождения. Затем – извлечение минерала путем организации некоторой формы его добычи. Третий этап – обработка руды для удаления примесей и превращение его в нужную химическую форму. Последнее – использование минерала для производства различных изделий.

Разработка месторождений полезных ископаемых, залежи которых находятся недалеко от земной поверхности, производится путем поверхностной добычи, устраивая открытые карьеры, открытую добычу методом создания горизонтальных полос, или добыча при помощи землечерпательного оборудования. При расположении полезных ископаемых далеко под землей они извлекаются методом подземной добычи.

Одним из основных источников природных ресурсов является земная кора, содержащая множество веществ, часть из которых может быть использована людьми для производства различных благ. Такие вещества называются *полезными ископаемыми*.

б) Полезные ископаемые бывают неорганические – это горные породы, которые не связаны с существованием жизни. Некоторые горные породы могут использоваться для *строительства*, например, песок, камень, глина, гранит и т.д. Другие горные породы могут использоваться для *извлечения полезных веществ* (железа, олова, меди, серы и т. д.)

в) Полезные ископаемые бывают *органические*, если они образуются в результате разложения останков живых существ. Это каменный уголь, нефть и газ, которые могут являться важными источниками энергии и химических соединений. Они могут залегать пластами на разной глубине, а могут и выходить прямо на поверхность.

Все полезные ископаемые являются невозобновимыми ресурсами, так как люди не могут организовать процессы, в результате которых они образуются. А некоторые из них могут находиться в относительно небольшом количестве и поэтому могут считаться исчерпаемыми.

В качестве второго пентадного понятия приведены «Воздушные ресурсы», которые являются одновременно потребительским благом (он необходим людям для дыхания) и ресурсом во многих производственных процессах (ресурс «воздух» необходим для горения, охлаждения или окисления чего-либо). Объем потребления этого ресурса относительно невелик, и поэтому запас воздуха можно считать неисчерпаемым. Правда, воздушная оболочка тоже может быть испорчена загрязнением.

Водные ресурсы представлены водами гидросферы, то есть водами рек, озёр, каналов, водохранилищ, морей и океанов, подземными водами, почвенной влагой, водами (льды) горных и полярных ледников, водяными парами атмосферы. Общий объем (единовременный запас) водных ресурсов составляет 1390 млн.куб.км, из них около 1340 млн.куб.км – воды Мирового океана. Менее 3 % составляют пресные воды, из них технически доступны для использования всего 0,3 %.

*Растительные ресурсы (или флора).* Они представлены как культурными, так и дикорастущими растениями. Насчитывается почти 6 тыс. видов культурных растений, но наиболее распространенных видов сельскохозяйственных культур на Земле лишь 80-90, а самых распространенных – всего 15-20. Среди растительных ресурсов выделяют, прежде всего, лесные ресурсы, относящиеся к категории возобновляемых, но исчерпаемых природных ресурсов. Лесные ресурсы характеризуются размерами лесной площади и запасами древесины. Размеры лесной площади мира 40 млн. км<sup>2</sup>. На одного жителя планеты в среднем приходится около 1 га леса. Общий запас древесины в лесах мира составляет 350 млрд. м<sup>3</sup>.

Древесина издавна широко использовалась как строительный и поделочный материал. Половина всей заготавливаемой древесины идет на дрова. С возникновением земледелия леса сводились под сельскохозяйственные земли.

Лесами покрыто менее 30% суши. При этом наибольшая площадь лесов сохранилась в Азии, наименьшая – в Австралии. Однако размеры континентов неодинаковы, поэтому важно учитывать лесистость региона, то есть отношение лесопокрытой площади к общей территории. Самая высокая лесистость в мире в Южной Америке (39%), затем в Европе (36%), Северной Америке (27%). Лесистость Африки, Азии и Австралии менее 25%. В настоящее время зеленый покров планеты находится в опасности. Широко известно выражение, что первое срубленное дерево означает начало цивилизации, а последнее – означает ее конец. Об этом необходимо помнить, что за последние 200 лет площадь лесов сократилась как минимум в 2 раза.

Главные причины этого заключаются в следующем: вырубке лесов с целью получения древесины; вырубке лесов для расширения сельскохозяйственных угодий; вырубке лесов в связи со строительством; вырубке лесов на топливо; сокращении лесных массивов из-за загрязнения воздушной среды и почв. Данные проблемы являются глобальными, и решать их необходимо при широком международном сотрудничестве, так как они не имеют государственных границ. Действуя в этом направлении, ООН приняла международный документ — «Всемирную стратегию охраны природы».

*Животные ресурсы (или фауна)* представляет собой совокупность множества птиц, рыб, млекопитающих и т.д. Животные могут давать людям еду и одежду, а некоторых из них можно использовать в качестве тягловой силы (быков, лошадей и т. д.) или в качестве помощников (собак, кошек, голубей и т.д.). Животный мир, являясь составной частью природной среды, выступает как неотъемлемое звено в цепи экологических систем, необходимый компонент в процессе круговорота веществ и энергии природы, активно влияющий на функционирование естественных сообществ, структуру и естественное плодородие почв, формирование растительного покрова, биологические свойства воды и качество окружающей природной среды в целом. Вместе с тем животный мир имеет большое экономическое значение как источник получения пищевых продуктов, промышленного, технического, лекарственного сырья и других материальных ценностей.

## Литература

Бигон М, Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М., 1989.  
Дьюсбери Д. Поведение животных. Сравнительные аспекты. – М., 1981.

*В статье отмечены некоторые основные виды взаимодействий живых организмов.*

**Ключевые слова:** внутривидовое взаимодействие, межвидовое взаимодействие, аффилиация, конкуренция, агрессия.

Говоря о взаимодействии живых организмов с окружающей средой, следует отметить, что среда состоит из всех влияющих на каждый отдельный животный организм внешних факторов и явлений – как физических и химических (абиотических), так и связанных с наличием других организмов (биотических). Данное понятие характеризует влияние особей на жизнедеятельность друг друга. Среди этих типов взаимодействий отмечаются: аффилиация, конкуренция, агрессия, хищничество, паразитизм, мутуализм, детритофагия и др.

Рассмотрим классификационный фрагмент «Взаимодействие» (Рис.1).

Взаимодействие (с.1)					
Внутривидовое взаимодействие			Межвидовое взаимодействие		
Аффилиация		Конкуренция		Агрессия	
Внутривидовая аффилиация	Межвидовая аффилиация	Внутривидовая конкуренция	Межвидовая конкуренция	Внутривидовая Агрессия	Межвидовая агрессия
Виды взаимодействий					
Мутуализм	Нейтрализм	Паразитизм	Аменсализм	Хищничество	

Рис. 1. Классификационный фрагмент «Взаимодействие»

Внутривидовые взаимодействия между особями одного и того же вида складываются из группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции. Групповой и массовый эффекты – термины, предложенные П.-П. Гассе (1895-1985), обозначают объединение животных вида в группы в составе двух или более особей, и эффект, вызванный перенаселением среды. В настоящее время чаще всего эти эффекты называются демографическими факторами. Они характеризуют динамику численности и плотность групп организмов на популяционном уровне, в основе которого лежит внутривидовая конкуренция, которая в корне отличается от межвидовой конкуренции. Она проявляется в основном в территориальном поведении животных, которые защищают места своих гнездовых и известную площадь в округе. Таковы многие птицы и рыбы. Межвидовые взаимоотношения значительно более разнообразны. Два живущие рядом вида могут вообще никак не влиять друг на друга, могут влиять благоприятно или неблагоприятно. Возможные типы комбинаций и отражают различные виды взаимоотношений:

Межвидовые отношения лежат в основе существования биотических сообществ (биоценозов).

Эволюционно-биологическое и антропологическое (связанное с организацией первобытного общества) значение такой «генерализации» восприятия задач и – шире – интересов группы обусловлено так называемой аффилиацией, т.е. известным из этологии явлением, означающим стремление особей одного вида быть вместе. А.Эспинас в классической работе «Социальная жизнь животных» писал об аффилиации: «Совместная жизнь доставляет животным удовольствие, потому что никакое представление так ни приятно для живого существа, как представление быть вместе» [Эспинас, 1898]. Аффилиация и изоляция – эволюционно древняя пара взаимодополняющих поведенческих категорий. Стремление соединиться в пределах группы неизбежно сочетается с желанием отграничиться от всех «чужаков»; это – извечная дихотомия «свои/чужие». Внутригрупповая аффилиация и межгрупповая изоляция наблюдаются у самых различных биологических видов.

В первобытном человеческом обществе данное явление было подробно проанализировано в работах В.Ф. Поршнева [Поршнев, 1974], опиравшегося на исследования К. Леви-Стросса [1983] и В. Тэрнера [1983]. Разумеется, всякого рода неформальное группирование людей и в современном обществе связано с аффилиативными и изоляционистскими тенденциями в социальном поведении.

С одной стороны, дихотомия «свои/чужие» способна обернуться, например, этническими предрассудками и конфликтами. Аффилиация как взаимное притяжение индивидов в первобытной группе была обусловлена кровно-родственными связями. По сей день неформальные взаимодействия людей в ассоциациях, вплетенных в гражданское общество, частично

воспроизводят родственные или квазиродственные отношения [Porp, Li, Gu., 1994]: недаром члены религиозных или коммунитарных общин нередко именуют друг друга «братьями» и «сестрами», а всю общину – «братством».

Аффилиация с другими людьми имеет много преимуществ, но она требует затрат и не проходит безболезненно. Человеку, чтобы быть обаятельным и сотрудничать с другими, требуется потратить время и внимание, так что ему приходится отвлекаться от других проблем. Что заставляет нас желать установить связи с другими? Социальные психологи решили, что на этот вопрос можно ответить при помощи простой и впечатляющей модели. Нам нравятся те, с кем нам хорошо. Модель подкрепления аффекта предполагает, что людей мотивирует одна простая цель – желание чувствовать себя хорошо. Основная предпосылка модели подкрепления аффекта состоит в том, что мы устанавливаем связи [Олескин, 1998].

Конкуренция – взаимоотношения между организмами одного и того же или разных видов, в ходе которых они соревнуются за одни и те же средства существования и условия размножения. Типичным конфликтом между животными, связанным с борьбой за жизненные ресурсы, является пищевая конкуренция. В сообществе хищников раздел пойманной добычи происходит в соответствии с иерархическим местом, занимаемым отдельной особью в группе. При попытке членов стаи, имеющих более низкий ранг, опередить хищников более высокого ранга между ними возникают конфликты, которые носят как пищевой, так и иерархический характер.

Различается внутривидовая и межвидовая конкуренция.

Внутривидовая конкуренция – это соперничество особей одного вида за ресурс, когда его не хватает. При увеличении плотности популяции для обеспечения жизнедеятельности организмов потребуется больше затраты времени и энергии. В этом случае возрастает внутривидовая конкуренция, что приводит к повышению энергетических затрат и к снижению скорости потребления пищи. В результате шансы выжить уменьшаются [Олескин, 1998].

Аналогична ситуация и у растений. Один проросток растения с большей вероятностью доживет до репродуктивной зрелости, чем проросток, окруженный густой порослью. Даже если он не погибнет, то почти наверняка будет мелким, неразвитым. Даст мало потомства. Следовательно, повышение плотности популяции уменьшает вклад каждой особи в следующее поколение.

Общие черты внутривидовой конкуренции:

- снижение скорости потребления ресурсов из расчета на одну особь;
- ограниченность ресурса, за который конкурируют особи;
- неравноценность конкурирующих особей одного и того же вида при сходстве существенных характеристик (потребляют одинаковые ресурсы среды);
- прямая зависимость влияния на отдельную особь от числа конкурентов;
- конечный результат конкуренции – уменьшение вклада в следующее поколение.

Межвидовая конкуренция – это любое взаимодействие между двумя или более популяциями, которое отрицательно сказывается на их росте и выживании. Независимо оттого, что лежит в основе межвидовой конкуренции – использование одних и тех же ресурсов, межвидовые химические или илеллопатические взаимодействия или хищничество, она может привести либо к взаимному приспособлению видов, либо к вытеснению одного вида другим.

В лесу под защитой светолюбивых пород – сосны, берёзы, осины – сначала хорошо развиваются всходы ели, которые вымерзают на открытых местах, но потом по мере смыкания крон молодых елей всходы теплолюбивых пород гибнут.

Конкуренция естественно включает в себя выигрыши и проигрыши, селекцию лидеров и аутсайдеров. Их можно характеризовать признаками конкуренции: количественными и качественными. Общеизвестны признаки конкуренции в спорте.

Живая природа накопила в процессе развития самые разнообразные формы конкуренции. Среди них можно выделить четыре, наиболее характерные вида. Для удобства запоминания эти виды связываются с конкретными существами, как это принято у маркетологов [<http://www.adhard.ru/page-al-concurrntiaponyatiev.html>] :

**Богомолы.** Конкуренты стремятся уничтожить друг друга. Даже при соитии самка поедает самца. У коммерсантов такая конкуренция приводит к «заказам» директоров, поджогам, взрывам и т.п. В науке такие явления происходят на стадии замещения старой парадигмы. Это время можно назвать революцией. В этот период изменяются не только проблемы, но и вся сеть фактов и теорий претерпевают такую замену. И они являются основой для новой традиции нормальной науки. Как указывал Т. Кун, здесь возможно несколько исходов, включая сохранение старой парадигмы. Но чаще всего происходит появление нового претендента на роль новой парадигмы и

последующей борьбой за ее принятие [Кун, 1975: 115]. В этом пункте сообщество ученых разделяется на враждующие лагеря. При такой поляризации выбор между конкурирующими парадигмами подобен выбору между политическими институтами.

В этой борьбе каждая группа использует свою собственную парадигму для аргументации в защиту этой же парадигмы, включая и силу. В истории России данный период характеризовался репрессиями. Так, 22 декабря 1919 года в Томске был арестован и в начале 1920 года расстрелян известный исследователь енисейских курганов и наскальных изображений Александр Васильевич Адрианов (1854–1920) [Крюков, 1994: 30]. Он был общественным деятелем, издателем оппозиционных к царскому правительству газет, сторонником сибирского областничества. После установления советской власти в Сибири занял по отношению к ней отрицательную позицию, за что и был уничтожен [Формозов, 1998].

Далее возникло так называемое Академическое дело. Первым осенью 1929 года был арестован архивист А.И. Андреев. В течение 1930 г. число арестованных достигло 100, а к концу следствия – 150 человек. Среди них были академики С.Ф. Платонов, Н.П. Лихачев, М.К. Любавский, Е.В. Тарле, десятки других видных историков, филологов, архивистов, краеведов. Целью этой акции было усмирение фрондировавшей по отношению к новой власти Академии Наук, запугивание интеллигенции, приведение ее в рабскую покорность. ГПУ сфабриковало дело о заговоре с целью свержения советской власти, о никогда не существовавшем «Всенародном союзе борьбы за возрождение свободной России». Арестованные были разбиты на ряд групп. Основная – была осуждена 10 февраля 1931 г.; 29 человек приговорили к расстрелу, 53 к заключению на срок от 3 до 10 лет. К этому-то процессу и был привлечен ряд видных археологов. Это историки, занимавшиеся археологией, члены-корреспонденты Академии Наук московские профессора Юрий Владимирович Готье (1873–1943) и Сергей Константинович Богоявленский (1873–1947) историк и археолог из Симферополя Арсений Иванович Маркевич (1855–1942), сотрудники Академии Наук этнограф и археолог Сергей Иванович Руденко (1885–1969) и археолог и искусствовед Григорий Иосифович Боровка (1894–1941), симферопольский краевед Павел Петрович Бабенчиков (1882–1947), нумизмат Александр Александрович Сиверс (1866–1954) [Формозов, 1998].

В свое время для меня было большим огорчением обнаружить, что за многими акциями НКВД стояли доносы «своих» же – одни ученые руками «чекистов» разделялись с другими, и кто был страшнее – неизвестно. Так был арестован мой дед, преподававший в Узбекском государственном университете и реабилитированный посмертно.

Если говорить о существе приведенных выше весьма странных и далеких от цивилизованности отношений в науке, но весьма характерных в среде богомоллов, каракуртов и скорпионов, то её, возможно, опишут в будущем, в виде трофической цепи по принципу «кто кого ест», положим, уравнением Вольтера [Вольтерра, 1976] или принципом конкурентного исключения Гаузе. Столкновение между хищником и жертвой вообще не является борьбой как таковой. Удар лапы, которым лев сбивает свою добычу, формой движения подобен тому, каким он бьет соперника, однако внутренние истоки поведения охотника и бойца совершенно различны. «Буйвол вызывает в нем не больше агрессивности, чем во мне аппетитный индюк» – говорил К. Лоренц [1999].

3. **Жуки.** Конкуренты пытаются вытолкнуть друг друга или оттеснить от вожаемого предмета, используя силовое давление. Победенное насекомое покидает поле битвы в полном здравии. Коммерсанты используют агрессивную рекламу, демпинг, стимулирование продаж и т.п. Новое поколение «ученых» не пишет доносов – времена изменилось. Но устные доносы делаются с великой охотой. В современном словоупотреблении такие доносы представляют сообщение научному начальству о чьих-то действиях, контактах, предосудительных с точки зрения начальника, но не с точки зрения общества, либо о таких, которые, с точки зрения общества, являются мелкими проступками и частными конфликтами, в которые безнравственно вмешивать научную власть. Доносы связаны и с другими проявлениями девиантного поведения (интриганство, подсиживание, склоки, псевдокритика). Все это предназначено для сведения личных счетов и используется также как средство повышения или сохранения своего статуса, как стиль работы.

3. **Бабочки.** Конкуренты ищут преимущества благодаря признакам, не имеющим непосредственного отношения к их функциям и условиям существования. Это художественное оформление упаковки, «мыльные оперы» и антиреклама других товаров. В российском научном мире достаточно вспомнить появившийся, вскоре после защиты Г.А. Максименковым докторской диссертации, фразеологизм «доктор новосибирских наук», означавший второсортность степени,

полученной в Совете ИИФФ. Можно вспомнить и другие фразеологизмы: «а что у Вас кроме бабы с веслом ничего нет?» (по поводу сайта победившего в конкурсе проектов СО РАН) или «да этим пособием (кирпичом) убить можно».

**4. Муравьи (пчелы).** В мире насекомых конкуренты объединяются в сообщества особей одного вида и (или) привлекают особей другого вида, т.е. симбиоз. Строительство укрытий, накопление запасов пищи, выращивание грибов, доение тлей. Разнообразные виды агрессии против других сообществ, наличие коммуникаций, контактных и на расстоянии. У коммерсантов – маркетинговая тактика и стратегия, системы договоров, отраслевые рынки и т.п. В научном мире на современном этапе повторилось то, что интеллигенция пережила после Октября: сокращение финансирования культуры и науки. Нищенство и растерянность. Главное – выживание. Первое, что бросается в глаза, – бесстыдная погоня за деньгами.

Так, в выдающих гранты фондах появились «кодлы», которые протаскивают «своих» и топят «чужих» (Сороса, Фулбрайта и прочих) [Формозов, 1998]. Все перечисленное можно было бы назвать «родимыми пятнами биологизма».

Агрессия – инстинкт борьбы, направленный против собратьев по виду, у животных и у человека. По мнению Конрада Лоренца (1903-1989) понятие «инстинкт смерти», противостоящее согласно одной из теорий Фрейда жизнеутверждающим инстинктам как разрушительное начало, не является родственным агрессии. Агрессия животных – это такой же инстинкт, как и все остальные, и в естественных условиях так же, как и они, служит сохранению жизни и вида.

Таким образом, агрессивное поведение – это действия животного, адресованные другой особи и приводящие к её запугиванию, подавлению или нанесению ей физических травм. Во многих случаях агрессия животных обусловлена гормонами или другими химическими веществами, которые вырабатываются в мозге или в других органах. Под влиянием агрессивного воздействия организм испытывает состояние напряжения, стресс. При умеренном стрессе обнаруживается усиление активности вегетативной нервной системы. Стимуляция мозгового слоя надпочечников через вегетативные нервы заставляет их выделять в кровь адреналин. При этом происходят изменения в различных частях организма. Начинается секреция потовых желез, шерсть встаёт дыбом, сердце бьётся быстрее, дыхание делается более частым и глубоким, кровь от пищеварительного тракта перенаправляется к мышцам.

В природе различаются внутривидовая и межвидовая агрессия.

Внутривидовая агрессия животных характеризуется тем, что особи одного вида неизбежно вступают в конфликт. Живущие каждый на своей территории виды должны изгонять конкурентов. Неизбежны конфликты из-за самки, дупла, норы и многих других причин. Появление или приближение другой особи с неясными намерениями неизбежно вызывает настороженность (а это легкая форма страха). Если намерения не проясняются, зачастую ничего другого не остается, как либо убежать, либо напасть первым. То же происходит и с приближающимся животным. Вступая в конфликт, оба животных испытывают страх. И вместе с ним – приступ агрессивности. Различаются:

**1) Территориальная агрессия** (агрессия, направленная на защиту территории). Активная защита – существенный признак территориального поведения. Агрессивность животного проявляется по отношению к любому представителю того же вида, особенно того же пола. Максимум она достигает в начале сезона размножения, когда территории только устанавливаются. Как правило, эта зона определяется лишь тем обстоятельством, что готовность данного животного к борьбе бывает наивысшей в наиболее знакомом ему месте, а именно – в центре его участка. Без хороших угодий семья или стадо не может существовать, процветание группы зависит от их количества и качества. Владения нужно всё время пытаться расширять, в том числе и за счёт соседних групп. Поэтому стычки по поводу территорий неизбежны. Итак, равномерное распределение в пространстве животных одного и того же вида является важнейшей функцией внутривидовой агрессии.

**2) Брачные турниры.** В большинстве случаев дерутся самцы, нападающие исключительно или главным образом на других самцов своего вида. Для чего нужны эти столкновения? Уже Чарлз Дарвин заметил, что половой отбор – выбор наилучших, наиболее сильных животных для продолжения рода – в значительной степени определяется борьбой соперничающих животных, особенно самцов. Важнейшая функция поединка – это выбор боевого защитника семьи, таким образом ещё одна функция внутривидовой агрессии состоит в охране потомства. Доказательством может служить тот факт, что у многих животных, у которых лишь один пол заботится о потомстве, по-настоящему агрессивны по отношению к сородичам представители именно этого пола или же их агрессивность несравненно сильнее.

**3) Агрессия в сообществе социальных животных,** приводящая к установлению иерархии. Иерархия – это тот принцип организации, без которого, очевидно, не может развиваться упорядоченная совместная жизнь

высших животных. Состоит она в том, что каждый из совместно живущих индивидов знает, кто сильнее его самого и кто слабее. Как правило, победа в стычках достаётся тому, кто агрессивнее: любит навязывать конфликты, много и умело угрожает, а сам сравнительно легко выдерживает чужие угрозы. Итак, та особь, которая чаще всех побеждает, становится доминантом.

**4) Агрессия в человеческом обществе.** Бытует мнение, что природа человека такова, как и природа животных. Но в социальной, человеческой среде возникают проблемы, которые свалились на человечество в ходе развития Разума, формирования мышления, тем более абстрактного мышления. Эти проблемы, названные К. Лоренцом проблемами «Беды», имеют три основных источника: создание оружия, внутривидовой отбор и головокружительный темп развития.

Начиная с древнегреческих философов, принято считать, что в человеке есть нечто такое, что составляет его сущность. Это «нечто» называется «человеческой природой». Этой природой человек и пытается объяснить всю свою деятельность: оправдать и объяснить ложь и подлость, алчность и мошенничество, насилие и зло. Наиболее глубинные корни человеческой сути раскрываются сложным комплексом психологии, этологии, социологии и биологии.

Так, З. Фрейд выдвинул в качестве основной дихотомии пару «Эрос - Танатос» – влечение к жизни и влечение к смерти [Фрейд, 1990]. Инстинкт смерти всегда направлен против всего живого – себя самого и других. Иногда он связан с сексуальным инстинктом и выражается в форме садизма или мазохизма. Основная теоретическая позиция З. Фрейда исходит из того, что человек одержим одной страстью – страстью разрушать всех и вся, и этой драматической альтернативы ему вряд ли когда-либо удастся избежать. Иными словами, З. Фрейд исходил из того, что агрессивность является не реакцией человека на какие-либо внешние или внутренние раздражители, а как некий постоянно присутствующий в организме импульс, обусловленный самой природой человека, его конституцией.

Другой психолог В. Франкл писал: «Несмотря на нашу веру в человеческий потенциал человека, мы не должны закрывать глаза на то, что человеческие люди являются и, быть может, всегда будут оставаться, меньшинством. То, что мало, что встречается редко, что является дефицитом, то более желанно. Если по З. Фрейду агрессию порождают подавленные, неразрешенные сексуальные инстинкты, то В. Франкл считал, что не меньшую агрессию вызывает и отсутствие смысла жизни. Он говорил: *«Эту пустоту люди стремятся заполнить чем попало или выжигать»*. Франкл считал, что около 80% алкоголиков и 100% наркоманов — люди, не имеющие жизненного смысла или его утратившие, т.е. испытывающие экзистенциальный вакуум – внутреннюю пустоту, бессмысленность существования. И действительно, бесполезно лечить алкоголика, если после выхода из клиники он не будет знать, ради чего он не станет больше пить, будет терпеть тяжелейшую перестройку не только организма, но и всего привычного образа жизни, проведения досуга, заполнявшего хоть как-то бессмысленность его жизни» [Романин, 2006].

Критикуя инстинктивистские и бихевиористские теории агрессивной сущности человека, Э. Фромм [Фромм, 2006] приходит к заключению, что «...агрессивное поведение людей, проявляющееся в войнах, преступлениях, личной драчливости и прочих типах деструктивного и садистского поведения, имеет филогенетические корни. Оно запрограммировано в человеке, связано с врожденным инстинктом, который ждет своего места и часа и использует любой повод для своего выражения».

Теория К. Лоренца, полностью разработанная в монографии «Агрессия (так называемое “зло”» [1999], указывает на механизм возникновения агрессии, а также исходит из предположения, что агрессивность служит делу самой жизни, способности выживания индивида и всего вида. Он впервые высказал мысль, что агрессивное поведение является конечным продуктом в длинной цепи внутренней мотивационной системы напряженности (фрустрации), а также конфликта различных мотивов, находящих свое выражение в агрессии. Иными словами, это отголоски идущих из глубины веков, от наших предков биологических механизмов, основной из которых – это инстинкт борьбы за существование.

Внутривидовую агрессию К. Лоренц считает наиболее серьезной опасностью, какая грозит человечеству в современных условиях культурно-исторического и технического развития. Отбор «пропускает второсортную конструкцию, ...он сам, заблудившись, заходит в гибельный тупик». Это всегда происходит в тех случаях, когда отбор направляется одной лишь конкуренцией сородичей, без связи с вневидовым окружением. Человеку больше не с кем конкурировать, кроме как с собой. Вот и «поедает» себе подобных! К. Лоренц вспоминал шутку своего учителя О. Хейнротта: «После крыльев фазана – аргуса, темп работы людей западной цивилизации – глупейший продукт внутривидового отбора». Действительно, нельзя не замечать, что «Запад» ведет к регрессу человека. Современное постиндустриальное общество представляет собой ярчайший пример иррационального развития, навязанного, к тому же, в качестве примера подражания России. Развитие происходит исключительно за счет конкуренции между собратьями по виду. Агрессивность человека, в отличие от животных, выполняет только первую функцию из приведенных выше функций – распределение по жизненному пространству и борьбу за ресурсную составляющую.

**Межвидовая агрессия животных.** В природе одни виды неизбежно нападают на другие. Взаимное влияние хищника и жертвы приводит к эволюционному соревнованию, заставляет одного из них приспособливаться к развитию другого. Но, стоит отметить, что хищник никогда не уничтожает. Если собака гонит зайца, то у неё бывает точно такое же напряжённо-радостное



выражение, с каким она приветствует хозяина или предвкушает что-нибудь приятное. Гораздо ближе к подлинной агрессии, чем нападение охотника на добычу, обратный случай контратаки добычи против хищника. Нападение на хищника – пожирателя имеет очевидный смысл для сохранения вида. Даже когда нападающий мал, он причиняет объекту нападения весьма чувствительные неприятности. Особенно это касается стадных животных, которые всем скопом нападают на хищника. Как при нападении хищника на добычу или при травле хищника его жертвами, так же очевидна видосохраняющая функция третьего типа боевого поведения. Выражение «сражаться, как крыса, загнанная в угол» символизирует отчаянную борьбу, в которую боец вкладывает всё, потому что не может ни уйти, ни рассчитывать на пощаду. Эта форма боевого поведения, самая яростная, мотивируется страхом.

Альтернативно-тождественное понятие отражает виды взаимодействия.

В качестве первого пентадного понятия приведен «мутуализм». Мутуализм отражает взаимовыгодные отношения между организмами. Иногда тесные взаимоотношения, приносящие пользу обоим участникам, обозначают термином *симбиоз*. Чаще, однако, симбиозом называют различные формы совместного существования. (греч. *symbiosis* - совместная жизнь). Взаимодействия типа мутуализма часто характерны для видов с очень разными потребностями, они удачно дополняют друг друга.

Нейтрализм - тип биотической связи, при которой совместно обитающие организмы (или виды) не влияют друг на друга. В природе истинный нейтрализм крайне редок, поскольку между всеми видами возможны косвенные взаимоотношения. Так, комменсализм представляет собой отношения, при которых один вид, комменсал, извлекает пользу из сожительства, а другой вид – хозяин не имеет никакой выгоды (взаимная терпимость);

Паразитизм (в биологии), форма взаимоотношений между организмами (растениями, животными, микроорганизмами), относящимися к разным видам, из которых один (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи, возлагая при этом (частично или полностью) на хозяина регуляцию своих отношений с внешней средой. Это преимущественно экологическое понятие, аналогичное понятиям планктонного, бентосного, почвенного и им подобного образа жизни организмов. Качественная особенность паразитизма определяется своеобразием среды обитания, которой для паразита является другой живой организм (хозяин), активно реагирующий на присутствие паразита. Между паразитом и хозяином устанавливаются более или менее глубокие метаболические связи. Многие паразиты являются *антигенами*, вызывая образование в организме хозяина *антител*, что, в свою очередь, приводит к реакциям *иммунитета*. Во многих случаях паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызвать его гибель.

Аменсализм – отношения между двумя видами, при которых один вид угнетает другой, но сам не испытывает его влияния.

Хищничество, способ добывания пищи и питания животных, при котором они ловят, умерщвляют и поедают других животных. Хищничество наблюдается уже у простейших: инфузория дидиний является хищником для других простейших (напр., инфузорий-туфельек, парамеций).

## Литература

- Дьюсбери Д. Поведение животных: сравнительные аспекты. М., 1981.  
Крюков В.М. Мир рушится (Из дневника А.В. Адрианова. 1919 г.) // Сибирская старина. №6.. 1994.  
Кун Т. Структура научных революций. – М., 1975.  
Леви-Строс К. Первобытное мышление. М., 1983 .  
Лоренц К. Агрессия // <http://seismic.geol.msu.ru/travels/>. 1999.  
Олескин А.В. Сетевые структуры современного социума с точки зрения биополитики // Политические исследования. - 1998. – N 1. - С. 68 - 86.  
Поршнев В.Ф. О начале человеческой истории (Проблемы палеопсихологии). М., 1974.  
Романин А.Н. Основы психотерапии. – М.: «Кнорус», 2006.  
Тэрнер В. Символ и ритуал. – М., 1983: 277 с.  
Эспинас А. Социальная жизнь животных. – СПб., 1998.  
Формозов А.А. Русские археологи и политические репрессии // Российская археология, № 3., 1998: 191—206.  
Фрейд З. Психология бессознательного. – М., 1990.  
Фромм Э. Анатомия человеческой деструктивности. – М., 2006.  
Фромм Э. Человек для себя. – Минск: Харвест, 2004.  
Ropp F.A., Li K.H., Gu Q. Recent advances in biophoton research and its applications. – Singapore, New Jersey, London, and Hong Kong, 1994.

Ларичев В.Е.

**КОСМОС, ВРЕМЯ И БОГИ В СИМВОЛАХ И  
ОБРАЗАХ НАСКАЛЬНОГО ИСКУССТВА КАРЕЛИИ**(методы астроархеологии, палеоастрономии и  
палеокалендаристики в «прочтениях» сюжетных панно)\*<sup>5</sup>Памяти В.И. Равдоникаса и 115-летию  
со дня его рождения посвящаю.**Часть II. Интерпретация сцены «Шествие двух групп оленей» святилища Старая  
Залавруга**

*В этом разделе публикации вскрывается истинная информационность (сакральная содержательность) одной из сцен многокомпонентной композиции святилища Старая Залавруга, в свете новаторских для своего времени взглядов В.И. Равдоникаса на семантику изображений каменного века Карелии. В статье подтверждается верность провозглашенной им в 30-е годы XX в. идеи необходимости «покончить с механистической трактовкой» образов и знаков первобытного искусства (как научно не-состоятельной затее искусствоведов вещеведческого настроя археологии) и предлагаются ответы на вопросы, которые не нашли веского обоснования при астроархеологической направленности интерпретации сцены «Охота на медведя» святилища острова Каменного (Канозеро).*

**Ключевые слова:** неолит, эпоха палеометалла, наскальное искусство, истоки художественного творчества, образы, знаки, семантические оценки, интерпретация, астральные символы, древняя астрономия, первобытная календаристика, мировоззрение, структуры Вселенной, тотемы, боги.



Рис.1. В.И.Равдоникас

**Вводные замечания.** «Прочтение» информационного контекста сцены «Охота на медведя» святилища острова Каменного (Канозеро), проведенное с использованием астроархеологии и направленное на следование завету В.И. Равдоникаса (рис. 1) покончить с механистической, весьма общей и «достаточно истертой» трактовкой знаков и образов первобытного искусства, не составило существенных затруднений. Обусловлено то было характерной особенностью сцены преследования животного, большую часть художественных элементов которой составляли простого вида знаки – множество одинаковых очертаний отпечатков ног «хозяина тайги», а также следов лыж и ног преследователя, – антропоморфного вида «Существа», судя по всему, – *мифического, внеземного статуса* персонажа (рис. 2). Сложности определялись лишь установлением количества счетных элементов, составляющих детали зоо и антропоморфной фигур. Преодоление их позволило, в конечном счете, произвести реконструкции нескольких календарных систем.

Но, как отмечалось в итоговом разделе первой части статьи, в ней «остались слабо обоснованными утверждения о структурировании года из 12 (или 13) лунных месяцев, о выравнивании времени лунного со временем солнечным, о подразделении года на сезоны и возможность многолетнего счисления времени, а с ними и прогнозирование (предугадывание) неких природных явлений, в том числе экологического порядка, с чем могли быть связаны промысловые ожидания и предсказания стихийных катастроф» [Ларичев, 2009а: 111]. Там же

<sup>5</sup> \* Окончание. Начало статьи (Часть I. «Охота на медведя») см. в журнале «Информационные технологии в гуманитарных исследованиях». Вып. 13, 2009а: 94–111. Об изучении материальной культуры эпох первобытности, а в искусствоведении – с «механистическим пониманием» (трактовкой) образов древнего искусства, во избежание «произвольных (поверхностных) интерпретаций».

отмечалась причина «слабого обоснования» перечисленного – образно-знаковые «записи» не позволяли сделать это с должной убедительностью. Возможно, и сам по себе контекст ее, этой сцены, не предполагал изложение подобных сведений.

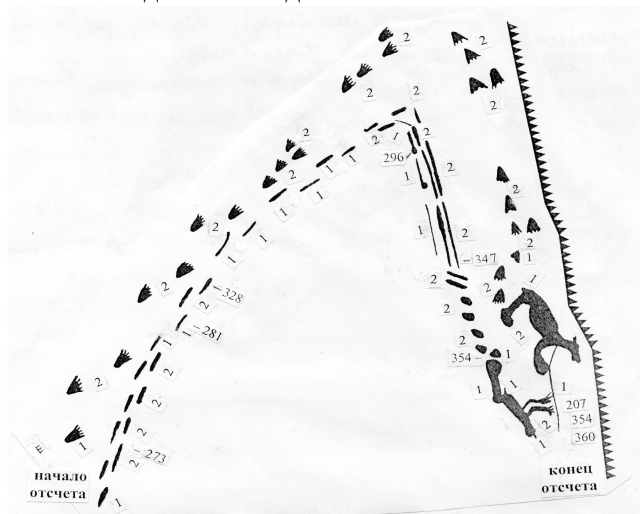


Рис. 2. Сцена «Охота на медведя» святилища острова Каменный Канозера (копия Е.М. Колпакова). Числовая составляющая композиции. Подробнее см. Ларичев, 2009а.

Убежденность в том, что они могли составлять информационный стержень иной композиции, определила поиск таковой среди материалов, опубликованных В.И. Равдоникасом, который положил начало бескомпромиссной борьбы с вещиизмом.

**Постановка проблемы и программная цель исследования. Методические установки.** Наиболее трудными для истолкований остаются до сих пор (как то ни покажется странным) самые распространенные в архаическом искусстве «сцены», представляющие скопления фигур животных, в рассредоточении которых на поверхности камня не всегда удастся выявить закономерности и смысловую логику. Поэтому «прочтения» таковых, видимо, ограничиваются, в лучшем случае (т.е. при нежелании излагать в тысячный раз этнографо-мифологические банальности), дотошным подсчетом количества особей зверей, установлением процентного соотношения видового состава их, а в заключение – базисного характера выводом о предпочтениях в экономической деятельности охотников или скотоводов, что свидетельствовало о приверженности интерпретатора историческому и диалектическому материализму.

Попытаюсь, сохраняя лояльность тому и другому, осуществить «прочтение» скопления фигур животных, нацеливаясь на совсем иной вывод – *надстроечного характера*. Сделаю же это ради главной цели публикации – подтвердить правильность идеи В.И. Равдоникаса о космичности мировоззрения неолитических охотников и рыбаков севера европейской части России, применяя для того астроархеологические (палеоастрономические и палеокалендарные) методы, в основу которых положено *использование числа в качестве универсальной значимости ключа, позволяющего раскрыть семантику образов, символов и знаков искусства каменного века и палеометалла*. Это как раз те методы, которые в отдаленном будущем позволят, надеюсь, осуществить мечту В.И. Равдоникаса «прикончить» примитивное (поверхностное) механистически-созерцательное, вещеведческо-типологизаторское искусствознание археологии.

**Источник: сцена «Шествие двух групп оленей» центральной части композиции святилища Старая Залавруга. Перечень задач семантического изыскания.** Изданное В.И. Равдоникасом предоставляет богатый выбор подходящего для семантических реконструкций источника. Воспользуюсь для того, к примеру, сценой «Шествие двух групп оленей», размещенной на окраине центральной части многофигурной композиции святилища Старая Залавруга (рис. 3). Сцена эта отличается особенностями, которые благоприятствуют проведению астроархеологического толка интерпретаций: она подчеркнута упорядоченная, ибо фигуры оленей выстроены строго линейно и четко подразделены на две группы неодинакового числа животных. Они перемещаются, следуя один за другим. Левую образного характера «запись» представляют изображения оленей, которые размещены на плоскости камня так, что воспринимаются шагающими вверх и направо по склону пологого холма. Правую часть «сцены» представляет группа разновозрастных оленей, шествующих один за другим под прямым углом к направлению движения левой группы фигур.



Рис. 3. Центральная часть наскальных изображений Старой Залавруги (по В.И.Равдоникасу).  
Верхнюю границу композиции окаймляет сцена «Шествие двух групп оленей».

Кратко презентованную «сцену» превратим в объект интерпретирования для решения проблем, которые остались вне освящения в первой части статьи:

1 – действительно ли обитатели Карелии эпохи неолита и палеометалла с высокой степенью почтения встречали время наступления весеннего равноденствия и следующий за ним месяц начала весенне-летней половины года, периода возрождения Природы и расцвета всего живого в ней?;

2 – было ли трехлетие самым продолжительным из многолетий, которые использовали охотники и рыболовы Карелии?;

3 – можно ли доказать, что они знали, какое количество месяцев составляло лунный год; что трехлетие надо завершать введением в счетную систему особой длительности интеркаляционного месяца (34 суток); что год подразделяется на несколько сезонов, а в них наличествуют межсезонные рубежи; преследовало ли столь тщательное отслеживание течения времени по Луне и Солнцу решение некой «сверхзадачи» (возможно, нескольких «сверхзадач») или скрупулезный, фаза за фазой, сутки за сутками, сезон за сезоном и, по меньшей мере, – трехлетие за трехлетием отсчет разных категорий циклов – синодических, сидерических и «усредненных», лунно-солнечных, ограничивался достижением лишь целей «базисных», т.е. материальных, производственно-экономических?

Ответы на эти вопросы как раз и должно предоставить «прочтение» верхней части композиции Старой Залавруги, опубликованной В.И. Равдоникасом более 70 лет назад.

**Сцена «Шествие...» в контексте восприятия ее числовым знаковым «текстом».** Предварительное рассмотрение чисел основных и реконструированных (при неучете факультативных знаков) для выяснения характера их. Анализ начну с левой фигурной «записи». Цепочка животных, которые двигаются слева направо, четко подразделена свободным от рисунков пространством на две равные половины – в нижней части склона передвигаются 6 безрогих оленей (два из них крупные, вследствие чего создается впечатление о нахождении их на переднем плане «картины»), а две пары следующих за каждым таким животным малого размера фигур представляют иного возраста животных (рис. 4 и 5). Они воспринимаются идущими на дальнем плане. Судя по всему, художник изобразил в этой части композиции 2-х оленух и сопровождающих их 4-х новорожденных оленят. Цифровой контекст «картины» таков:

$$2 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 1,$$

что составляет число 6.

Вторую половину левой цепочки представляют иного вида олени. Они отражают другой цифровой алгоритм – два малых безрогих животных (один из них контурный) следуют за парами крупных рогатых оленей:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 2,$$

что тоже составляет число 6.

Судя по всему, художник изобразил в этой части сцены перемещение двух пар самцов оленей и оленух (тела их соприкасаются) и двух, сопровождающих каждую супружескую пару, подростковых оленят.

Итак, левую «запись» составляют:

олени, с равным количеством взрослых и новорожденных, разного возраста животных – 6 и 6.

$$6 + 6 = 12 \text{ фигур}$$

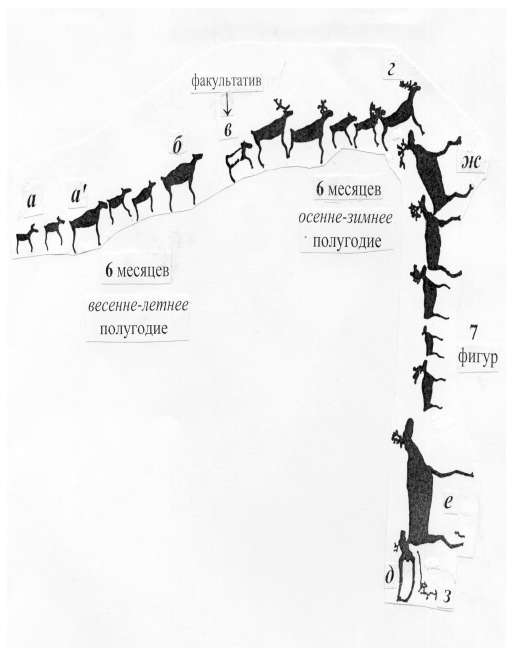


Рис. 4. «Шествие двух групп оленей». Числовой контекст сцены.

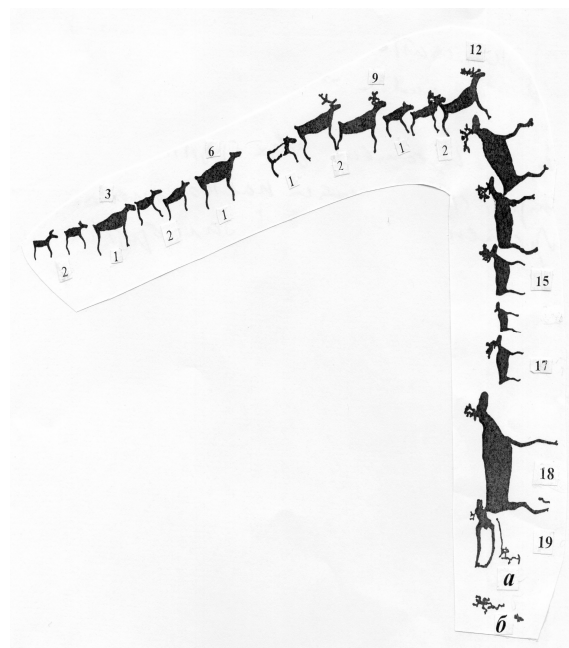


Рис. 5. «Шествие двух групп оленей». Возрастная группировка фигур животных левой «записи» ( $2 \rightarrow 1$ ;  $2 \rightarrow 1$ ;  $1 \rightarrow 2$ ;  $1 \rightarrow 2$ ) и определение в ней оленей, которые символизировали интеркаляционные годы в 19-летнем «цикле Метона» (см. числа 3, 6, 9, 12 при счислении изображений слева направо). Правая «запись» считывалась сверху вниз. Фигуры № 15, 17, 19 символизируют интеркаляционные годы 19-летнего «цикла Метона»; а – стрелок из лука в животное, символизирующее 18-й год; б – сексуальная сцена.

Вторую часть сцены представляет цепочка разновозрастных оленей. Они шествуют один за другим под прямым углом к направлению движения левой группы фигур. Всего животных в цепочке 7. Из них *одно* (нижнее) *изображение* – *контурное и лишенное ног*. Тела нижней и верхней пар оленей соприкасаются друг с другом (все они рогаты), а между ними размещаются 3 меньшего размера фигуры (два оленя – с рогами, а один, самый малый, – лишен их). Цифровой контекст вертикально ориентированной «записи» таков:

$$2 \rightarrow 3 \rightarrow 2.$$

Всего в сцену включено:

$$12 + 7 = 19 \text{ фигур.}$$

Ни одно из упомянутых выше чисел (помимо 7) не вызовет календарно-астрономического интереса, *если каждое изображение принять за символ 1 суток* с тем, чтобы приступить затем к расшифровке «записей» в рамках отсчета месячного цикла. В таком случае, числа эти символизируют, надо полагать, *иную, чем сутки, временную весомость*.

Оставив решение этого вопроса для одного из последующих шагов расшифровки, рассмотрим вначале чисто арифметическую (т.е. вне календарного аспекта) примечательность числа 19, подразделенного на 12 и 7. Два из этих чисел, 12 и 19, обращают на себя внимание тем, что они соотносятся в «золотой пропорции», близкой вычисленной современными математиками:

$$12 : 19 = 0,6315 \approx 0,618.$$

Количество чисел, зафиксированных «записями», можно увеличить, если в качестве *факультативов* воспринять 2 *контурных* изображения оленей (по одному в каждой «записи» 12 и 7). А все дело в том, что при исключении их из счета получим следующий ряд чисел:

$$11 (12 - 1); 6 (7 - 1); 18 (19 - 1); 17 (19 - 2).$$

Такая операция по неучету факультативных фигур сыграет (как станет ясно далее) ключевую роль при расшифровке каждой из «записей» и всего «текста» сцены как нечто целого. Подтвердим оптимальность использования факультативов посредством анализа «записей» чисел 12 и 11 и чисел «реконструированных» – 6 и 18 (или 17).

*Тестирование* числа 12, подразделенного на 6 и 6 и числа 11, подразделенного на 6 и 5 (неучет факультатива). Ни одно из четырех чисел, будь то 5, 6, 11 или 12, не может быть признано календарно-астрономически значимым, *если каждое изображение животного воспринять символом 1 суток* (из-за некратности каждого из них синодическому или сидерическому оборотам

Луны). Иное дело, если *увеличить календарную «весомость» фигур, приняв каждую из них символическим знаком месяца или года*. В таком случае, 12 определит или количество месяцев в синодическом или сидерическом лунных годах, или примерное (11 или 12) количество солнечных лет в сидерическом (т.е. смещение на фоне звезд) обороте Юпитера вокруг дневного светила.

Рассмотрим признаки оправданности того и другого предположения.

**Реконструкция особенностей помесячного счисления времени в течение синодического лунного года. Решение проблемы выравнивания лунного (фазового) времени с временем солнечным. Определение даты новогодия.** Количество синодических месяцев в лунном году определяет 12, а не какое-то иное число:

$$29,5306 \text{ сут.} \times 12 \text{ син. мес.} = 354,367 \text{ сут.} = 1 \text{ лунный год.}$$

«Запись» числа 12 составлена структурно столь примечательно, что позволяет поставить вопрос о возможности выделения в ней полугодий и сезонов. В самом деле, две равных части года, 6 и 6, отражают, надо полагать, ни что иное, как полугодия. Подтвердим эту мысль фактами:

первые 6 животных лишены рогов и, значит, они, с наибольшей вероятностью, представляют теплое весенне-летнее полугодие, когда взрослые животные сбрасывают рога, а у оленей появляется на свет потомство (см. на рис. 4 нижний ряд цепочки животных а–б);

головы животных верхней части ряда, напротив, увенчаны ветвистыми рогами и, значит, они представляют вместе со все еще безрогим потомством (двумя телятами) второе полугодие – холодный осенне-зимний период.

Но и это еще не все. Примечательные особенности числовых структур каждого из полугодий (см. рис. 5):

$$[(2 \rightarrow 1) \rightarrow (2 \rightarrow 1)] \text{ и } [(1 \rightarrow 2) \rightarrow (1 \rightarrow 2)],$$

позволяют установить внутреннее членение каждого из полугодий, объединяющих месяцы в 4 блока по 3 в каждом. 3 месяца это и есть  $\approx$  календарно-астрономический сезон. Что касается даты новогодия, то поскольку в первом полугодии (левая (нижняя) часть «записи») взрослые олени лишены рогов и сопровождают их олениа, то, значит, год начинался с весеннего равноденствия, а далее следовали месяцы весны ( $\approx 94$  сут.) и лета ( $\approx 92$  сут.).

Выравнивание лунного года с годом солнечным производилось, надо полагать, так:

1 – после счисления одного лунного года, в счетную систему вводился интеркалярный – 11 суток; он считывался по левой «записи» без учета факультативного (контурного) изображения оленя и при условии восприятия, в данном конкретном случае, каждого из 11 животных символом не месяца, а суток:

$$354 \text{ сут.} + 11 \text{ сут.} = 365 \approx 365,242 \text{ сут.} = 1 \text{ солнечный год;}$$

2 – после счисления в установленном порядке трех лунных лет, в счетную систему вводился иной продолжительности интеркалярный – 34 сут.; дни эти считывались двукратно по всем фигурам левой и правой цепочек животных без учета двух факультативных (контурных) фигур оленей, что и давало в сумме искомое число:

$$[11 \text{ (от 12)} + 6 \text{ (от 7)}] \times 2 = 34 \text{ сут.}$$

Нижеследующие формулы подтверждают правильность предложенной реконструкции:

$$(354 \text{ сут.} \times 3) + 34 \text{ сут.} = 1096 \text{ сут.};$$

$$1096 \text{ сут.} : 365,242 \text{ сут.} = 3,0007 \text{ солнечных года.}$$

Несколько слов относительно фазовых границ интеркаляционного периода длительностью 34 сут., который иногда условно именуют «месяцем». Речь идет о весьма своеобразном синодическом цикле: начало его определяют сутки последней видимости серпа «умирающего месяца» и следующие за ним 2-3-ое суток невидимости Луны, когда ночное светило обращается вокруг Земли совмещенным со светилом дневным или расположенным поблизости от него и потому скрытым в его ослепительных лучах; далее следуют сутки видимости Луны со всеми ее фазами и очередным новолунием; завершается же цикл сутками первого появления на западном небосклоне серпа «молодого месяца», «возрожденной» после новолуния Луны, определяющей начало очередного синодического периода. По всей видимости, интеркаляционный цикл, длительностью 34 суток, четко ограниченный серпами «умирающей» и «возрожденной» Луны, играл исключительную роль в концепции, объясняющей явление смерти и следующего за ним возрождения (убежденность древних в неуничтожимости жизни – порождение культа Луны и обожествления ночного светила с его неизменными ритмами фазовых перемен).

Завершая «прочтение» синодического помесячного счисления года, определимся с символом дополнительного (13-го) месяца, который подключался к третьему лунному году для выравнивания лунного трехлетия с трехлетием солнечным. В качестве такого символа использовался, по всей видимости, нижний контурный, без ног олень правой «записи» 7. Подключение его к «записи» 12 и давало искомое число:

$$12 \text{ мес.} + 1 \text{ мес.} = 13 \text{ мес.}$$

*Контурность и безноготь фигуры*, а также *периферийное* (на конце цепочки) размещение ее подсказывают возможность использования такого знака в качестве факультатива. Быть может, то было и намеком на должный порядок считывания изображений оленей в цепочке 7: после учета 12 фигур левой «записи» слева направо, начиналось считывание правой «записи» снизу вверх, а не наоборот.

«Запись» левой цепочки оленей предоставляет, помимо того, возможность помесячного счисления и другой разновидности *лунного года* – *сидерического*, но в параметрах месяцев иных – *синодических* (!).

**Реконструкция счисления сидерического лунного года. Решение проблемы выравнивания звездного лунного времени со временем солнечным.** Если из «записи» числа 12 исключить все то же единственное в цепочке фигур *контурное изображение молодого оленя*, то получим число 11. Примерно в таком количестве месяцев *синодических* содержится количество суток, близкое длительности *сидерического лунного года*:

$$29,5306 \text{ сут.} \times 11 \text{ мес.} = 324,8366 \approx 327,86 \text{ сут.}$$

Как видим, до реального завершения звездного года недостает чуть более 3-х суток:

$$327,86 \text{ сут.} - 324,8366 \text{ сут.} = 3,0234 \text{ сут.}$$

Недостающая трои́ца дней считывалась, вероятно, заведенным порядком, слева направо по трем первым в цепочке фигурам оленей «весенне-летнего полугодия» (см. рис. 4).

Для выравнивания *сидерического года* с *синодическим* в счетную систему вводился 1 *сидерический месяц* (27,32 сут.), который мог считываться по всем знакам *сцены* без учета *факультативных фигур*:

$$(11 + 6 + 11) \text{ сут.} = 28 \approx 27,32 \text{ сут.};$$

$$327 \text{ сут.} + 28 \text{ сут.} = 355 \approx 354,367 \text{ сут.}$$

Запись числовых вариаций – 12 и 11 позволяет также отслеживать время *сидерического оборота* одной из самых почитаемых в древности планет.

**Реконструкция отслеживания сидерического оборота Юпитера.** Как известно, *сидерический* оборот этой самой яркой из внешних (относительно орбиты Земли) планет, составляет вовсе не 12, как иногда, грубо округляя время, принято считать, а *11 солнечных лет + 314 суток*. Это обстоятельство и предопределяет реконструкцию планетарного цикла. Для того следует исключить из левой «записи» контурную фигуру оленя, *приняв остальные 11 фигур за символы солнечных лет при отсчете времени по годам и за символы синодических месяцев при отслеживании времени неполного солнечного года*, близкого длительности *сидерического года* (!). В результате получим период, близкий длительности *сидерического* оборота Юпитера:

$$11 \text{ лет} + (29,5306 \text{ сут.} \times 11) = 11 \text{ лет} + 324,8366 \text{ сут.}$$

Превышение от истинной длительности планетарного цикла составит  $\approx 11$  суток, ничтожная величина для такой длительности многолетия.

Но она, величина та, станет, напротив, недостающей, *если 11 принять за символы месяцев сидерических*:

$$27,32 \text{ сут.} \times 11 \text{ мес.} = 300,52 \text{ сут.}$$

В таком случае, неучтенный 12-й знак «записи», (*факультативный контурный олень*), возможно, призван был символизировать *не полный сидерический месяц, а лишь половину его* (13,66 сут.). При таком условии получим почти идеально точную продолжительность неполного солнечного года в  $\approx 12$ -летнем *сидерическом* цикле оборота Юпитера:

$$(27,32 \text{ сут.} \times 11) + 13,66 \text{ сут.} = 314,18 \approx 314 \text{ сут.}$$

Итак, выходит, *сидерический вариант* восприятия числа 11 предпочтительнее для реконструкции. Это тем более верно, если речь идет о фиксации знаками левой «записи» *сидерического* (т.е. звездного) *варианта* оборота Юпитера, а не *синодического* (длительность его смещения относительно Солнца составляет 399 суток).

В заключение реконструкции отслеживания цикла смещения Юпитера на фоне звезд отмечу основное следствие такого факта. Его можно воспринять как *намек на выделение неолитическим жречеством Карелии 12 зодиакальных созвездий*, по которым проходит круговой оборот Солнца в течение года. Это как раз те 12 созвездий, в которых пребывает Юпитер в течение около 12 лет (каждый очередной год он находится в ином созвездии – таков временной алгоритм смещения планеты по скоплениям звезд, определяемых как зодиакальные).

В завершение поиска обратимся к отысканию ответа на последний, но самый трудный из программных вопросов, поставленных при начале «прочтения» сцены «Шествие двух групп оленей» – заключено ли в образно-знаковом «тексте» ее решение одной или, возможно,



нескольких сверхзадач, выходящих за рамки тривиальной задачи информирования о приемах отслеживания времени на ближайшие месяцы, сезоны, год и даже некоего множества лет, составляющих, допустим, тот же юпитерианский *сидерический* цикл?

Ответ сокрыт в астрономической значимости двух великих в календаристике чисел, олицетворяющих цифровой контекст сцены «Шествие...»: 19 (общее количество оленей в «тексте») и ближайшее к тому число – 18, если вне учета составить одно из факультативных изображений животных, (допустим, *контурного, без ног оленя* вертикально ориентированной цепочки 7). Если подобный интеркаляционный допуск верен, то, в таком случае, «Шествие...» предоставляет информацию об успешном решении жрецами древних культур Карелии двух, по меньшей мере, сверхзадач. Учитывая сложности восприятия сути дела, предварю реконструкции поясняющей справкой.

**История проблемы выравнивания лунного и солнечного времени с целью установления оптимального соответствия целого (лишенного дробности) количества дней, синодических месяцев, а также лунных и солнечных лет. Связь фаз Луны с кардинальными моментами солнечного года.** Многотысячная история древней астрономии и календаристики полна многократных попыток тех, кто свою повседневную и в течение года деятельность связывал не с производственной или бытовой суетой, а только лишь с наблюдениями Неба, его «недвижных звезд» и «блуждающих светил», с отслеживанием времени, со свершением в точно установленный срок культово-обрядовых действий, с попытками выровнять течение времени лунного со временем солнечным [подробности см. Идельсон, 1975; Идлис, 1985; Климишин, 1990]. В древности за отправной пункт в такого рода поисках принималась вначале длительность лунных месяцев и года, а к ним затем подключался для сравнения ход сезонных перемен в году солнечном (в последующем отправным пунктом стало время солнечное). Установив однажды длительность солнечного года ( $\approx 365 \frac{1}{4}$  сут.), лунного месяца ( $29 \frac{1}{2}$  сут.) и количество месяцев в лунном году (12), жрецы – астрономы стремились, как можно точнее согласовать время лунное и солнечное посредством установления оптимального соответствия *целого числа лунных месяцев и дней целому количеству солнечных лет*. Суть дела, коротко говоря, сводилась к тому, чтобы, отыскивая кратные величины целого числа лунных месяцев и солнечных лет (т.е. определяя *соизмеримости* между месяцем и годом), *попытаться сделать так, чтобы в соответствующих периодах содержалось одинаковое количество дней, лишенных дробной составляющей*.

Решение такой задачи нашло отражение в использовании коллегиями древнего жречества нескольких многолетних циклов. К простейшему (но наименее точному) относится *трехлетний лунный период*. Первое в сохранившихся письменных источниках упоминание об использовании такой системы счисления времени относится к финалу III тыс. до н.э. (эпоха, синхронная с карельскими неолитическими композициями), а последнее – к началу второй половины I тыс. до н.э. В именуемой античными астрономами *триэтериде (трехлетии)* два года состояли из 12 месяцев с длительностью каждой пары  $30 \rightarrow 29$  сут., а один – из 13. В итоге в таком цикле оказывалось, при не очень, конечно же, точных во времени первобытности наблюдениях светил, 37 лунных месяцев, в 19 из коих включались 30 сут., а в 18 – 29 сут., что составляло 1092 сут., с неточностью для Луны в 0,63 сут. (недостача – 36,9785 синодических месяцев):

$$(19 \text{ мес.} \times 30 \text{ сут.}) + (18 \text{ мес.} \times 29 \text{ сут.}) = 1092 \text{ сут.};$$

$$1092 \text{ сут.} : 365,25 \text{ сут.} = 2,9897 \approx 3 \text{ солнечных года.}$$

При таком алгоритме счисления времени по Луне это означало следующее: если отсчет цикла начинался, допустим, с *новолуния дня весеннего равноденствия*, то близкое той же фазе ночное светило должно было прийти *на те же сутки по окончании лунного трехлетия*, дополненного интеркаляцией одного лунного месяца. Ясно, что если бы в *лунное трехлетие* интеркалировались не 29, а 34 сут., то соответствие с годами *солнечными* стало бы почти идеальным:

$$(354 \text{ сут.} \times 3) + 34 \text{ сут.} = 1096 \text{ сут.};$$

$$1096 \text{ сут.} : 365,25 \text{ сут.} = 3,0006 \text{ солн. года.}$$

Однако упоминания об использовании такой длительности «месяца» в письменных источниках отсутствуют, хотя в знаковых записях эпохи первобытности столь своеобразный цикл иногда наличествует (что, быть может, как раз и свидетельствует о значительной роли серпов «умирающего» и «возрожденного» месяцев в обрядах, связанных с уходом человека в инобытие загробное и чудесным возвращением его в бытие земное).

Большая точность достигалась *при отсчете лунно-солнечного времени 8-летиями*, когда удалось усовершенствовать наблюдение светил. Этот цикл, *октаэтериды* (он известен со времени великого греческого реформатора Солона), по описанию в сочинении Клеострата Тенедосского,

датированном VI в. до н.э.), использовался также в Двуречье. Его составляли 99 месяцев, из коих 51 были длительностью 30 суток, а 48 – 29 суток. Интеркаляционные месяцы вставлялись во 2, 5 и 7-ой годы (иной вариант – в 3, 6 и 8-ой). *Октаэтерид* включала в свою структуру две *триэтериды* и одно *двухлетие*. Результатом такой комбинаторики стало выравнивание количества дней в лунных циклах месячной продолжительности и в годах солнечных:

$$(51 \text{ мес.} \times 30 \text{ сут.}) + (48 \text{ мес.} \times 29 \text{ сут.}) = 2922 \text{ сут.}$$

с ошибкой для Луны около полутора суток, а для Солнца – безошибочно, но в случае принятия длительности года в  $365 \frac{1}{4}$  сут.:

$$365,25 \text{ сут.} \times 8 = 2922 \text{ сут.} \\ 2922 \text{ сут.} : 365,25 \text{ сут.} = 8 \text{ лет.}$$

Объединение в один цикл трехлетия и восьмилетия (11 лет) и двух восьмилетий (16 лет) не увеличивало точности, а напротив, приводило к возрастанию ошибок и, соответственно, к недопустимого масштаба расхождению в согласовании течения времени лунного и солнечного. В конечном счете, греческой астроном Метон (так, следуя традиции, считают историки астрономии), положив в основу 8-летнего периода не 2922, а 2924 суток (для чего, видимо, 2 месяца с 29 сут. он превратил в месяцы с 30 сут.), и объединив два цикла – 8-летний и 11-летний (комбинация из 3-х и 8-летних циклов), получил новый – *19-летний* ( $8 + 3 + 8$ ), почти идеально стыкующий время лунное и солнечное (погрешность в 3-е сут. за  $8 + 8$  лет (превышение) компенсируется 3-мя сут. недостачи в трехлетнем цикле – *в том состоит суть процедуры выравнивания*, предложенная Метоном). В этом цикле 125 месяцев по 30 суток и 110 месяцев по 29 суток составляли:

$$(125 \text{ мес.} \times 30 \text{ сут.}) + (110 \text{ мес.} \times 29 \text{ сут.}) = 6940 \text{ сут.},$$

что близко количеству суток в 19 солнечных годах:

$$19 \text{ лет} \times 365,25 = 6939,75 \approx 6940 \text{ сут.}$$

В цикле из 19 лет в счетную систему *7 лунных годов* вводился дополнительный (13-й) месяц, а остальные 12 лет были обычной продолжительности (по 12 месяцев), что и составляло вместе 235 месяцев:

$$(12 \text{ лет} \times 12 \text{ мес.}) + (7 \text{ лет} \times 13 \text{ мес.}) = 235 \text{ мес.}$$

Предполагается, что дополнительные месяцы вводились в 3, 6, 9, 12, 15, 17 и 19-й годы (иной, видимо, менее подходящий вариант – в 3, 6, 8, 11, 14, 17, 19-й). При таком раскладе ошибка относительно Луны составит около 2-х часов (настолько фаза ее окажется сдвинутой вперед по отношению, допустим, к моменту наступления весеннего равноденствия), а длина года составит 365,263 сут., что близко той, что считалась греками истинной (365,25 сут.). Выходит, длина солнечного года, вычисленная Метоном, оказалась на  $\frac{1}{76}$  дня больше настоящей его продолжительности.

**Предъявление доказательств отражения в сцене «Шествие двух групп оленей», составленной из  $12 + 7 = 19$  фигур оленей, художественно-цифровых «записей» многолетнего календарно-астрономического цикла длительностью 19 лет.** Для начала отмечу два устойчивых историографических мифа, связанных с появлением в календаристике понятия «цикл Метона». Первый касается увязывания появления такого алгоритма счисления лунно-солнечного времени с Грецией и Метоном, а второй – со временем, когда были впервые произведены соответствующие расчеты. А все дело в том, что осведомленность о величии 19-летнего цикла отнюдь не ограничивалась территорией Средиземноморья. Она распространялась, по существу, на всю Евразию – от Китая до крайне западных окраин Европы. Но главное обстоятельство, которое окончательно развеяло «миф о Метоне», появилось тогда, когда астроархеологам и палеокалендаристам удалось выявить палеолитические художественные «записи» числа 19 и соответствующим образом расшифровать значимость их [рис. 6; подробности см. Ларичев, 1996; 1998]. Это означает одно – *Метон продолжил традицию лунно-солнечного отслеживания времени, возникновение которой уходит в культуры Homo sapiens древнекаменного века.*

У 19-летнего цикла сложилась счастливая судьба – точность отслеживания фаз Луны при использовании его оказалась настолько верной, что он используется до сих пор христианами для расчетов наступления дня пасхи (первое полнолуние после весеннего равноденствия; подробности [см. Климишин, 1990; стр. 93]: многолетнее попадание фазы на одни и те же числа месяца).

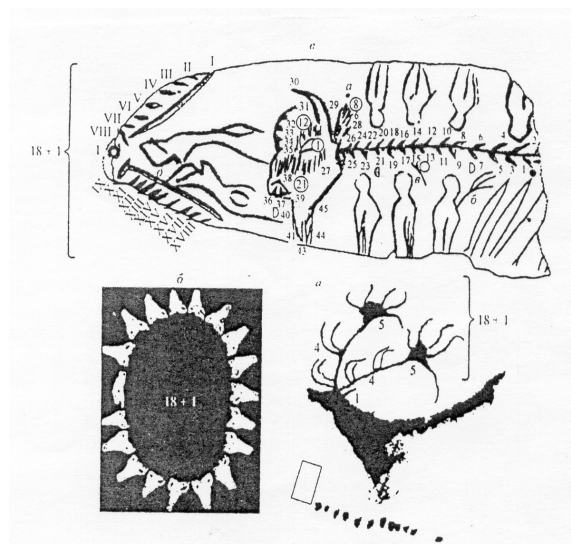


Рис. 6. Периоды  $18 + 1 = 19$  лет в искусстве палеолита: а – 18 отростков рога + 1 ухо у оленя (живопись Ляско); б – 18 голов горного козла + 1 голова бизона (скульптурное ожерелье из Лабастю); в – 18 резных линий + 1 отверстие на левом конце «подвески» (Раймонден).  
Художественные формулы «цикла Метона» и многолетий, отражающих длительность *больших саросов* – лунных ( $19 + 18 + 19 = 56$ ) и *солнечных* ( $18 + 18 + 18 = 54$ ) лет.

Обратимся теперь к анализу «записей»  $12 + 7 = 19$  с целью подтверждения оправданности видения в ней «текста» лунно-солнечного периода, подобного «циклу Метона». Ведь само по себе включение в «шестствие» двух групп именно такого количества животных, – 19, подразделенных на 12 и 7, можно быть фактом чисто случайным (допустим, вызванным композиционными соображениями или какими-то иными пристрастиями древнего художника, исполнителя «картины» на поверхности камня). Для уверенного опровержения подобного рода сомнений проведем анализ фигур оленей, а также особенностей позиционирования их в обеих цепочках, левой и правой. Все в том и другом оказалось тщательно продуманным, оптимально расчетливым и потому высоко значимым.

Начну с анализа количества оленей в каждой цепочке – 12 и 7. Использование этих чисел для получения 19, определяющего длительность в годах «цикла Метона», не кажется случайным, если знать, что в нем *длительность годов без интеркаляции дополнительного месяца составляло 12, а с интеркаляцией – 7*. Лишь осведомленный в астрономии и календаристике любопытствующий по части наскального искусства воспримет числа 12 и 7 (для этого ему следует для начала додуматься хотя бы сосчитать животных каждой цепочки в отдельности) как ясный намек на информационный подтекст композиции. А он заключался в следующем: когда отслеживаешь лунно-солнечное время по 19-летиям, то знай, что *в 12-ти годах не следует подключать дополнительный месяц, а в 7-и подключать следует*.

Но, очевидно, такой информации недостаточно, чтобы в полной мере воспользоваться ею при отслеживании времени по Луне и Солнцу. Ведь закономерно возникают неприятные вопросы, – *в какие именно из 19 лет, символизированных изображениями оленей, нужно включать интеркаляцию, а в какие нет?* Есть ли в фигурах и местоположении их в цепочках намеки, подсказывающие верные ответы?

Такие намеки есть и потому можно удовлетворительно ответить и на первый, фундаментальной значимости вопрос. Для этого воспользуемся нумерацией интеркаляционных годов в «цикле Метона», выбранного из возможных вариантов Н.И. Идельсоном, высшего ранга (полагаю, до сих пор непревзойденным в ясности изложения) знатоком древней календаристики и астрономии: 3, 6, 9, 12, 15, 17, 19. Совместим избранную череду чисел, отличающихся друг от друга сначала на 3 (5 позиций), а в конце – на 2 единицы с изображениями оленей сначала с «записью» 12, а затем с вертикальной цепочкой фигур 7, проводя отсчет сверху вниз. На рисунке 5 представлен результат, который не может не впечатлить:

в левой цепочке животных интеркалированные годы сначала определяют *крупные фигуры оленей*, за которыми следуют пары малого размера оленят (см. на рис. 5 цифры 3 и 6), а затем *первые из каждой пары взрослых рогатых оленей*, за коими следуют по одному меньшей величины безроговому олененку (см. там же цифры 9 и 12). Как видим, стремление акцентировать взгляд на совершенно определенные изображения животных и закономерности позиционирования

их в алгоритмированной (2–1; 2–1; 1–2; 1–2) цепочке, подразделенной на две части, просматривается с достаточной определенностью;

в вертикальной же цепочке интеркалированные годы, определяют (при счислении сверху вниз), напротив, *малого размера фигуры рогатых оленей, размещенные обособленно от соседних изображений* (см. на рис. 5 цифры 15 и 17; эти рисунки отделяет друг от друга *самая малая фигура олененка без рог*), и *контурный, без ног олень, знак завершения 19-летнего цикла* (см. на рис. 5 цифру 19). Усилить значимость его призваны, по-видимому, размещенные по соседству лыжник (стрелок из лука) и эротическая композиция из двух персонажей (на рис. 5 литеры а и б).

Информационный контекст *контурного оленя без ног* не исчерпывается изложенным. При восприятии его в качестве факультативного знака (*т.е. возможности допуска исключения фигуры из «записи» 7*), получим «текст», отражающий число 18 (12 + 6). Если такое предположение, верно, то откроется перспектива для обоснования гипотезы о второй сверхзадаче композиции «Шествие двух групп оленей» и разъяснения стимула исключительно скрупулезного отслеживания течения лунного и солнечного времени как по отдельности одного от другого, так и в гармоничной согласованности.

**Системы счисления *саросных многолетий*, определяющих алгоритм повтора *солнечных и лунных затмений* в месте наблюдения астрономических явлений.** Научиться предсказывать (прогнозировать, предвычислять?) наступление самых грозных и загадочных явлений – внезапное исчезновение с небосклона Солнца или Луны, воспринимаемое как начало вселенского масштаба катастрофы и гибели всего живого, всегда было мечтой древних астрономов и календаристов. Осведомленность о том повышало авторитет жрецов до невиданных ни для кого из смертных высот, а сами затмения и подверженные их воздействию светила становились одними из базовых элементов разработки религиозных концепций и культово-обрядовых установок.

Как бы ни были впечатляющи достижения в разработке способов слежения за движениями Луны и Солнца, а также в совершенствовании календарных систем (приемов отсчета времени), ни то ни другое самое по себе не дает права утверждать, что высокий уровень астрономии априори предполагает умение предсказывать моменты наступления затмений. Судить о том может позволить лишь наличие среди числовых «записей» величин, намекающих на осведомленность тех, кто их исполнял, в длительности саросов, периодов, через которые происходят затмения. *Но то должны быть не малые, а большие, трехкратно повторенные малые саросы*, ибо лишь они открывают возможность предугадывать время погружения Луны в тень Земли или Солнца в тень Луны *в той местности, в которой ведутся астрономические наблюдения*. Продолжительность *большого солнечного сароса* составляет 54 года + 33 (30) сут., *большого лунного сароса* – 55 лет + 303 сут.  $\approx$  56 лет. При отсчетах годов *большого солнечного сароса* использовалось обычно *трехкратное счисление 18-летий* с добавлением в заключение периода, близкого длительности *синодического* месяца, а годов *большого лунного сароса* – при поочередном счислении *двух 19-летий и одного 18-летия*.

Наличие в «тексте» сцены «Шествие...» «записей» чисел 19 и реконструированного (неучет факультативного оленя в правой записи) 18 стоит воспринять намеком на то, что создатель художественного панно Старой Залавруги запечатлел в образах его системы предвычисления затмений. Это означает следующее: ему был известен список затмений, которые случались на протяжении более полувека. От таких дат и велся, надо думать, отсчет 54-х и 56-и лет.

**Реконструкция системы отсчета *большого солнечного сароса*.** После трехкратного прохода по «записи» 18, в счетную систему вводился интеркалярный – 33 сут., которые считывались при трехкратном проходе по «записи» 12, но без учета факультатива – фигуры контурного оленя. В итоге получим:

$$(18 \text{ лет} \times 3) + (11 \text{ сут.} \times 3) = 54 \text{ года} + 33 \text{ сут.},$$

что и есть *большой солнечный сарос*.

**Реконструкция системы отсчета *большого лунного сароса*.** После двукратного прохода по «записи» 19 и однократно – по 18 получим целое количество лет, близкое продолжительности *большого лунного сароса*:

$$19 + 18 + 19 \text{ лет} = 56 \text{ лет.}$$

При отсчете времени по годам следует помнить, что последний, 56-ой год должен составлять 0,83 части его –  $\approx$  303 дня  $\approx$  11 сидерических месяцев. Их следовало считывать по 11 знакам «записи» 12 (т.е. без учета факультативного (*контурного*) оленя) и при условии, что каждая фигура животного символизировала звездный месячный цикл:

$$55 \text{ лет} + (27,32 \text{ сут.} \times 11) = 55 \text{ лет} + 300,52 \text{ сут.}$$

Несоответствие ничтожно:

303 сут. – 300, 52 сут. = 2,48 сут.

Эти трое суток отсчитывались, вероятно, все по тем же 3 фигурам оленей начала левой «записи» «Шествия...» (см. рис. 4 литеры *a–a'*).

**Краткие итоги поиска.** Анализ числового контекста сцены «Шествие двух групп оленей», представляющего всего лишь часть многокомпонентной, сложно организованной композиции центрального отдела наскальных изображений святилища Старая Залавруга, позволил доказательно, на уровне требований естественных наук (а не субъективных толкований науки гуманитарной), ответить на вопросы, поставленные в первой и второй частях публикации. Раскрытие информационной сути двух групп оленей снова, но уже в другом ракурсе, подтвердило обоснованность скептического отношения В.И. Равдоникаса к методам «механистической трактовки» образов и знаков «изобразительного искусства» эпохи первобытности и актуального доселе призыва лидера русской археологии 30-х годов «покончить» с механистической ориентации искусствоведением ради очищения его от фантома результатов, имитирующих науку «придумок»

Они, эти вольные «придумки» авторитетов, как и свойственные таким персонам «понятия», связанные с попытками интерпретировать архаическое художественное творчество, заслуживали того, ибо уводили в сторону от реальности смысла – *его зеркального отражения мировоззренческих установок тех, кто выбивал изображения на скалах святилищ Карелии времени неолита и палеометалла, а именно, космических, солярного и лунарного характера, представлений, а также идей о структурировании Мироздания с извечной борьбой в нем двух противоположных начал – Света и Мрака, Тепла и Холода, Добра и Зла.* То были документы не «шаманствующих дикарей», почти не отдающих себе отчета, в каком мире протекает их земное бытие, а мыслители и своего рода творцы протонаук Гипербореи Евразии, современники высокого полета мыслей жречества, интеллектуальных элит первых протоцивилизаций юго-запада Азии и Средиземноморья. Исследования В.И. Равдоникаса в таком ключе осуществлялись почти синхронно с первыми астроархеологическими направленными поисками, которые вели в начале XX в. Д.Н. Локьер в Англии, М. Бодуэн во Франции и К. Хентце в Голландии и Германии [Lockyer, 1909; Baudouin, 1926; Hentze, 1932; подробности о них см. Ларичев, 2009б: 19–29], но, по всей видимости, вне осведомленности о результатах, достигнутых ими.

Как отмечалось в первой части статьи, к особо значительным заслугам В.И. Равдоникаса относится идея возможности увязывания существования солярных и лунарных культов обществами не только земледельческими, но и охотничье-рыболовческими. Он (повторюсь, вследствие важности момента) обратил внимание на то, что лежащее в основе космического мировоззрения «осознание в ложной анимистической форме производственного значения плодоносящих сил и сезонных явлений в Природе, а также осознание человеком зависимости от них» в той же мере, как и земледельцам, были присущи охотникам, рыболовам, собирателям и оленеводам. А далее следовало главное: поскольку экономика их отличалась высокой организованностью и если она обеспечивала им выживание, то, надо полагать, охотники и рыболовы имели «своего рода годовой производственный план, точно рассчитанный по календарю», что и стало причиной возникновения «в коллективном первобытном сознании культового космического мировоззрения как формы осознания зависимости человека от Природы, как совокупность его ложных представлений о ней».

Насколько провидчески справедливыми оказались рассуждения В.И. Равдоникаса по всем этим проблемам, подтвердили взаимодополняющие по содержаниям «прочтения» наскальных изображений двух святилищ Карелии – Каменного острова Канозера и Старой Залавруги. В расшифровках содержались ответы на главные вопросы, поставленные в конце первой и начале второй частей публикации. Они подтвердили правильность идей блестящего теоретика первобытного общества о наличии в распоряжении жречества эпох неолита и палеометалла севера Европы разнообразных систем счисления времени, строгого отслеживания истечения его по месяцам, сезонам и годам, подстраивания жизни сообщества к потокам его и ритмике природно-климатических перемен в окружающей среде ради оптимизации деятельности сородичей во всех ее проявлениях – и в быту, и на охотничье-рыболовческих промыслах, и во взаимоотношениях с высшими силами – богами, духами и зооантропоморфными тотемами – прародителями. Материалов, подтверждающих такие «прочтения», в древнем искусстве множество и дело стало только за тем, чтобы начать «читать» и считать (см., для примера, на рис. 7 шествие фигур, обозначающих «запись» 12 или 13 месяцев года).



Рис. 7. Сцена шествия 12 антропоморфов с жезлами и 1 без жезла святилища Новая Залавруга (по Ю.А. Савватееву). Фигуры призваны отразить факт 12 (или 13)-месячной продолжительности лунного года.

Такого успеха в проникновении в духовно-интеллектуальный мир творцов первобытных культур Евразии при «прочтении» «Книг верований», наскальных изображений, можно достичь лишь при отказе следованию железобетонно устойчивой парадигме «механистического», типолого-классификационного по духу искусствоведения традиционной археологии с убежденностью адептов ее в равнодушии предка к Небу, светилам, к точному отслеживанию времени и структурированию Мироздания. В.И. Равдоникас справедливо призывал «покончить с механистической трактовкой» первобытного искусства и осуществлял это практически в рамках личной программы борьбы с вещеведческой археологией, низводящей захватывающе увлекательную науку о древностях к банальным описаниям очевидного, к технологиям, типологиям и каталогизаторству предметов материальной культуры, что зачастую приводит лишь к пустой суете – имитации творческого труда.

### Литература

- Идельсон Н.И.** Этюды по истории небесной механики // История календаря. М., 1975: 308–411.  
**Идлис Г.М.** Революция в астрономии, физике и космологии. М., 1985: 230 с.  
**Климишин И.А.** Календарь и хронология. М., 1990: 478 с.  
**Ларичев В.Е.** Космографическая миниатюра из Раймонден (Солнце, Луна и Вселенская жертва в искусстве древнекаменного века) // Гуманитарные науки в Сибири. Серия: *Археология и этнография*. № 3, 1996: 54–62.  
**Ларичев В.Е.** Космографическая композиция из «Большого зала» Ляско // Гуманитарные науки в Сибири. Серия: *Археология и этнография*. № 3, 1998: 44–51.  
**Ларичев В.Е.** Космос, Время и Боги в символах и образах наскального искусства Карелии. Часть I. Интерпретация композиции «Охота на медведя» // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. Вып. 13. Новосибирск, 2009а.: 94–111.  
**Ларичев В.Е.** От редактора. Астроархеология: «Сквозь тернии к звездам!» Начало становления «непопулярной научной традиции» // Астроархеология – естественно-научный инструмент познания протонаук и астральных религий жречества древних культур Хакасии. Красноярск, 2009б: 7–35.  
**Baudouin, M.** La Préhistoire par les Étoiles. Un Chronomètre Préhistorique. Paris, 1926.  
**Hentze, K.** Mythes et Symboles Lunaires. Anvers, 1932.  
**Lockyer, J.N.** Stonehenge and Other British Stone Monuments. London, 1909.

Потёмкина Т.М.

## СИМВОЛИЧЕСКИЕ ЗНАКИ ОНЕЖСКИХ ПЕТРОГЛИФОВ (история изучения и интерпретации)

*В данной публикации представлена краткая история исследования символических знаков онежских петроглифов и интерпретации этих оригинальных и во многом загадочных древних рисунков.*

**Ключевые слова:** наскальное искусство, истоки художественного творчества, образы, знаки, семантические оценки, интерпретация, древняя астрономия, первобытная календаристика, мировоззрение,

История изучения петроглифов каменного века на Онежском озере насчитывает более 160 лет. На сегодня на восточном берегу озера открыто более 1300 выбитых на скалах отдельных рисунков, которые создавались в эпоху неолита и энеолита в течение длительного времени.

Среди них присутствуют оригинальные изображения в форме кругов, серпов и полумесяцев, от которых под углом или параллельно друг другу отходят 1-2 линии, нередко соединенных на концах прямой или округлой чертой (рис.2).

Уже первые попытки ученых понять смысл и назначение этих необычных по форме фигур привели к появлению многих версий, дискуссии вокруг которых продолжаются до наших дней. В последние годы все больше специалистов интерпретируют рассматриваемые фигуры как знаки, символизирующие Солнце и Луну. Однако убедительных доказательств этого тезиса пока не существует. Никто из исследователей по первобытному искусству пока не ответил также с достаточной определенностью на вопрос, что могут означать линии, отходящие в одну сторону от изображений кругов и полумесяцев. Но все специалисты сходятся во мнении, что символические



фигуры с лучами имеют принципиальное значение для понимания рисунков Онежского святилища в целом.

В данной публикации представлена краткая истории исследования и интерпретации этих оригинальных и во многом загадочных древних рисунков.

### История и предмет исследования

Петроглифы на Онежском озере расположены скоплениями вдоль восточного берега на протяжении более 20 км – от устья р. Водлы до Гурьих островов. Эта территория разделяется на два района наскальных изображений – в устье р. Водлы и мыса Бесов Нос в устье р. Черной, между которыми на протяжении около 13 км. береговой линии наскальные изображения не обнаружены. Рисунки, которые рассматриваются в данной публикации и интерпретируются как солярные и лунарные символы, встречены только в районе Бесова Носа на семи памятниках: Карецкий Нос, Пери Нос II, III, VI, Бесов Нос – северная и западная группа, Гурьи острова (рис. 1).

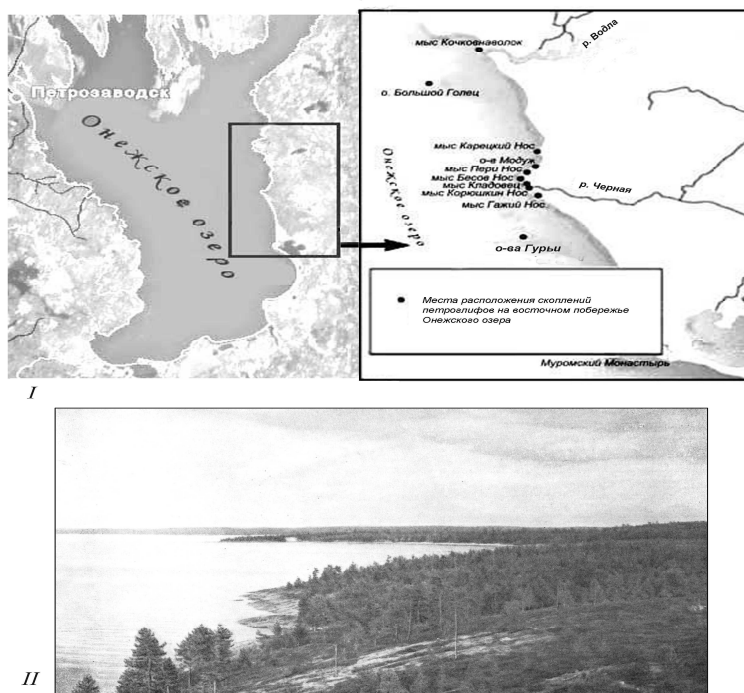


Рис. 1. Святилище на Онежском озере.

I – карта расположения памятников с наскальными рисунками на восточном побережье Онежского озера.  
II – вид на мысы Пери Нос [Савватеев, 1970: 97. Рис. 21, 1].

Наскальные изображения Онежского озера приобрели научную известность с 1848 года, когда их посетил консерватор Минералогического музея Санкт-Петербурга Константин Гревингк (1819 – 1887). Он нашел более 80-ти петроглифов на Мысе Пери и Бесовом Носе. Возможно, тогда же с петроглифами ознакомился учитель Петрозаводской гимназии Петр Швед [Равдоникас, 1936: 6-8].

Первое документированное исследование онежских петроглифов было осуществлено в 1910 году известным шведским исследователем наскальных изображений Густавом Хальстрёмом (1880 -1962) из Стокгольма. Его группа ученых сфотографировала и скопировала 412 изображений, известных к тому времени [Poikalainen, 2004: 17]. Первая мировая война прервала исследования и петроглифы остались неопубликованными.

В 20-е годы XX века полевые исследования онежских петроглифов возобновил этнограф из Петрозаводска А.М. Линевский (1902 – 1985), благодаря которому были открыты скопления рисунков на новых памятниках. За годы своей работы А.М. Линевский собрал материал с ряда мысов Онежского озера, охватывающий 421 изображение (1929. С. 56, 57). Часть этих рисунков он опубликовал в своих монографиях [Линевский, 1939; 1940].

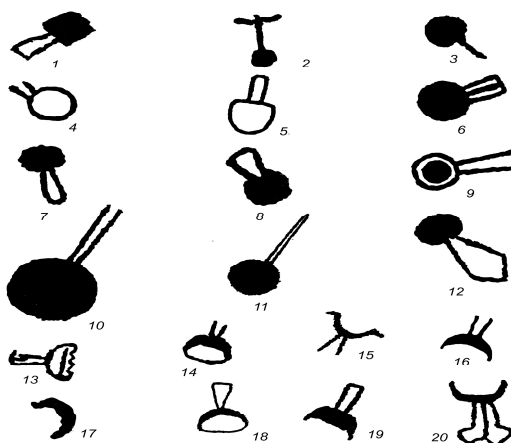


Рис. 2. Символические фигуры петроглифов Онежского озера.

1, 17 – северная группа Бесова Носа [Равдоникас, 1936. Табл. 23; 24]; 2, 4, 10, 11, 13, 15 – Пери Нос III [Равдоникас, 1936. Табл. 12; 16; Савватеев 1970. Рис. 108; 1983, с. 83]; 3, 7, 8, 9, 14, 16, 19 – Пери Нос VI [Равдоникас, 1936. Табл. 20]; 5, 6, 12, 18, 20 – Карецкий Нос [Равдоникас, 1936. Табл. 1; 4; Савватеев, 1970. Рис. 23; 1983. С. 101].

В этот же период онежские петроглифы изучал известный российский археолог А.Я Брюсов (1885 -1966). В 1928 – 1930 гг. он произвел раскопки ряда неолитических стоянок, находящихся по соседству с наскальными изображениями. В 1934 г. им была организована экспедиция с целью фотографирования петроглифов в районе Бесова Носа и проведения раскопок на расположенных рядом с ними поселениях. Заслугой А.Я. Брюсова является исследование наскальных изображений в комплексе с материалами раскопок. Благодаря этому он пришел к выводу о связи соседних с рисунками поселений с петроглифами.

В 1927 г. и 1935 г. части скалы с петроглифами Пери Носа III были вырезаны из материковой скалы и перевезены в Карельский государственный краеведческий музей и Государственный Эрмитаж (рис. 3; 4). Наиболее крупный из четырех фрагментов скалы, представленных в Эрмитаже, получил название «крыша мира» благодаря двухгранной форме поверхности и обилию на ней фигур символического характера (рис. 3, I). К сожалению, точная ориентация скалы не была документирована, а некоторые рисунки во время операции были разрушены [Poikalainen, 2004: 19].

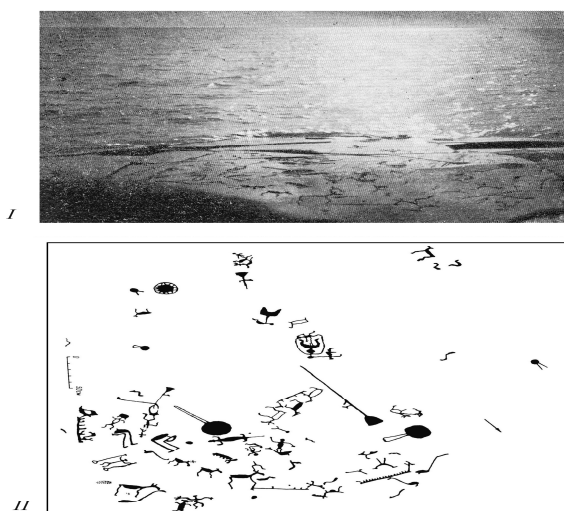


Рис. 3. Онежское озеро, мыс Пери Нос III.

I – центральная часть скалы с петроглифами на закате солнца до перемещения в Эрмитаж [Лаушкин, 1959: 97, Рис. 9].

II – копии петроглифов центральной скалы. Экспедиция Г. Хальстрёма [Савватеев, 1970: 399, рис. 106].

Большая заслуга в изучении петроглифов Онежского озера принадлежит видному российскому археологу В.И. Равдоникасу (1894 – 1976). В 1935 г. под его руководством была организована специальная экспедиция по изучению онежских петроглифов, во время работы

которой было вновь открыто не менее 150 рисунков. Экспедицией были собраны материалы по всем известным к тому времени группам изображений. Всего было скопировано на месте свыше 700 фигур [Равдоникас, 1936: 21]. Специалисты отмечали безупречное воспроизведение рисунков (Линевский, 1939. С. 8). Уже в 1936 году вышла из печати фундаментально изданная монография В.И. Равдоникаса о наскальных изображениях Онежского озера, где впервые в истории их изучения были опубликованы полностью все известные к тому времени материалы, кроме петроглифов, представленных в музейных экспедициях. Хотя каталог В.И. Равдоникаса и не включает рисунков так называемой Эрмитажной скалы, а число известных рисунков к настоящему времени значительно увеличилось, его книга с хорошо документированными материалами продолжает оставаться важным источником для исследования онежского святилища.

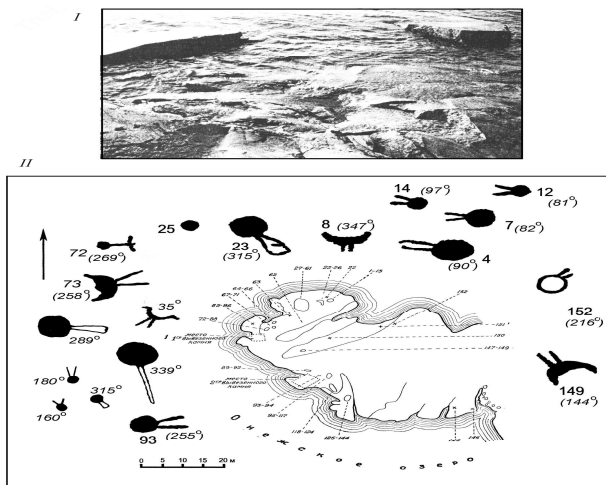


Рис. 4. Онежское озеро, мыс Пери Нос III.

I - место расположения центральной части скалы после ее вывоза в Эрмитаж в 1935 году [Poikalainen, 2004: 39, рис. 28].

II - схема расположения наскальных изображений на плане памятника и ориентация символических фигур относительно береговой линии: план памятника и копии рисунков с указанием номера – по В.И. Равдоникасу [1936. Рис. 9. Табл. 7, 8; 12; 16]; рисунки без номеров, экспонируемые в Эрмитаже, – по Савватееву [1970. Рис. 106; 108, I, 4]; значение азимутов – по Ф.В. Равдоникасу [1978: 121, 122]; расположение рисунков относительно Севера и плана – по Потемкиной.

В 70-х гг. прошлого столетия на Онежском озере работала экспедиция под руководством известного исследователя петроглифов Карелии Ю.А. Савватеева, которая обнаружила новые наскальные изображения на участках восточного берега озера и прибрежных островах [Савватеев, 1983: 71-104]. Его работы включают уже 872 петроглифа, но многие результаты этих исследований остались пока неопубликованными [Poikalainen, 2004: 21]. Заслугой Ю.М. Савватеева является достаточно полная публикация наскальных изображений с вывезенных с мыса Пери Нос III плит, экспонируемых в Эрмитаже [Савватеев, 1970: 398 – 413]. Эти рисунки, как известно, ранее не были опубликованы, в то время как самая большая плита из центральной части мыса Пери Нос III, называемая «крышей», почти сплошь покрыта изображениями (68 рисунков), среди которых имеются астральные знаки и различные мифические образы (рис. 3, I, II).

С 1982 года на Онежском озере на протяжении многих лет работала экспедиция Эстонского общества первобытного искусства под руководством Ваино Пойкалайнена. Главным итогом работы экспедиции стало открытие большого числа петроглифов (более 200) в устье р. Водлы. Материалы опубликованы, но среди обнаруженных там 334-х рисунков изображения, которые рассматриваются как лунные и солнечные, отсутствуют [Poikalainen, Ernits, 1998]. По-прежнему, до настоящего времени местом распространения рассматриваемых символов на берегах Онеги остаются памятники в районе устья р. Черной (район Бесова Носа).

В. Пойкалайнен и его коллеги подготовили и опубликовали последние данные об общей численности онежских петроглифов, распределив их по районам, памятникам и мотивам изображений [Poikalainen, Ernits, 2003. Fig. 1; Poikalainen, 2004: 33, Табл. 1]. По представленным в этих исследованиях данным на Онежском озере известно 1239 отдельных фигур. Если к этому еще прибавить 92 фигуры, вывезенных в Эрмитаж и Карельский краеведческий музей, то количество их превысит 1300 рисунков. Из них 334 петроглифа известно в районе устья р. Водлы, где астральные знаки отсутствуют вовсе. Остальные петроглифы находятся в районе Бесова Носа. По данным В. Пойкалайнена к знакам Солнца и Луны здесь относится 157 рисунков, большинство

которых находится на Карецком, Пери III и VI мысах – соответственно 47, 31 и 44 изображения [Poikalainen, Ernits, 2003: 177. Fig. 1]. В число указанных астральных изображений авторы, если судить по диаграммам, (рис. 6), включили рисунки как с отходящими от основной формы тела линиями-лучами, так и без них. По форме основного тела, количеству и очертаниям отходящих линий исследователи выделили 26 разновидностей этих символов. Из них 27% - серповидные, 7% - полудиски, 66% - полные диски [Poikalainen, 2004: 25, 44].

А.М. Жульников, рассматривая основные темы и мотивы карельских петроглифов, вносит свои коррективы в изложенную выше статистику эстонских коллег [Жульников, 2006: 11]. Он исходит из того, что В. Пойкалайнен учитывал фрагментарные и неподдающиеся определению выбивки, составляющие от 16% до 40% от общего числа петроглифов, а также не включил в статистику 92 фигуры с мыса Пери Нос III на фрагментах скал из музейных коллекций. Это, по его мнению, искажает реальную картину пропорционального соотношения различных образов на святилище. Согласно статистике самого А.М. Жульникова, не учитывающего неопределимые фрагментированные петроглифы, в регионе Бесова Носа зафиксировано 814 фигур, из которых символические знаки составляют 20% [Жульников, 2006: 21. Рис. 10], что должно составлять 162-163 знака. Эти данные близки к данным В. Пойкалайнена и свидетельствуют о том, что в это число также входят все символические знаки, имеющие форму диска, серпа или полумесяца как с отходящими от них линиями, так и без таковых.

Представленная выше статистика показывает, что за последние 40 лет число известных символических фигур среди онежских наскальных изображений в районе мыса Бесов Нос значительно возросло. Так, Ю.А. Савватеев в конце 60-х гг. прошлого столетия насчитывал 83 знака Луны и Солнца, из которых только 61 фигура имела отходящие от морфологической основы парные линии, если судить по тому, что они определялись исследователем как капканы [Савватеев, 1970: 159. Табл. 6]. В 80-х гг. по его подсчетам на онежских памятниках известно 103 солярных и лунарных знака; вместе с кружками они составляют 125 единиц [Савватеев, 1983: 103].

Но при любом раскладе общая картина распространения интересующих нас изображений остается прежней. Хотя символические фигуры зафиксированы во всех крупных скоплениях наскальных изображений Скандинавского и Кольского полуостровов, Финляндии и Карелии, но нигде нет такого их обилия и разнообразия, как на берегах Онежского озера.

Подавляющая часть символических рисунков, как и других изображений онежских петроглифов, высечена на скалах сплошным силуэтом, в редких случаях контурно, приемами ударной техники с помощью каменных орудий (рис. 2; 3, I, II). Из точек удара состоят линии и площади изображений. Глубина рельефа различна: от 1-2 мм до сантиметра и более [Равдоникас, 1936. С. 28; Савватеев, 1970: 42, 94].

Наибольший диаметр выбитых на скалах круглых и серповидных рисунков с лучевыми линиями составляет 20-25 см. Один диск имеет диаметр 28 см. Из числа взятой для работы автором данной публикации выборки фигур с отходящими лучами (62 единицы), таких относительно крупных рисунков - 11 (6 дисков и 5 серповидных). Шестнадцать рисунков (9 круглых и 7 серповидных) имеют в диаметре 10-15 см; более половины изображений - 33 (27 круглой формы и 6 серповидной) - имеют в диаметре 5-10 см.

Все опубликованные в указанных выше монографиях рисунки круглых и серповидных форм без отходящих от них лучевых линий в большинстве случаев имеют диаметр 6-10 см (11 рисунков) или 3-5 см (7 рисунков). Подавляющее число их (14 рисунков) представляют собою круглые формы. В действительности этих изображений на онежских скалах намного больше, но они не являются предметом рассмотрения в данной публикации. Их смысловое содержание может рассматриваться только в тесной связи с другими изображениями групп петроглифов.

#### *Культурная принадлежность и хронология*

Как техника, так и содержание наскальных изображений уже в 30-е годы прошлого столетия дали основание исследователям отнести их к неолиту, что подтверждается прямым фактом соседства неолитических стоянок с группами петроглифов на Онежском озере. Некоторые

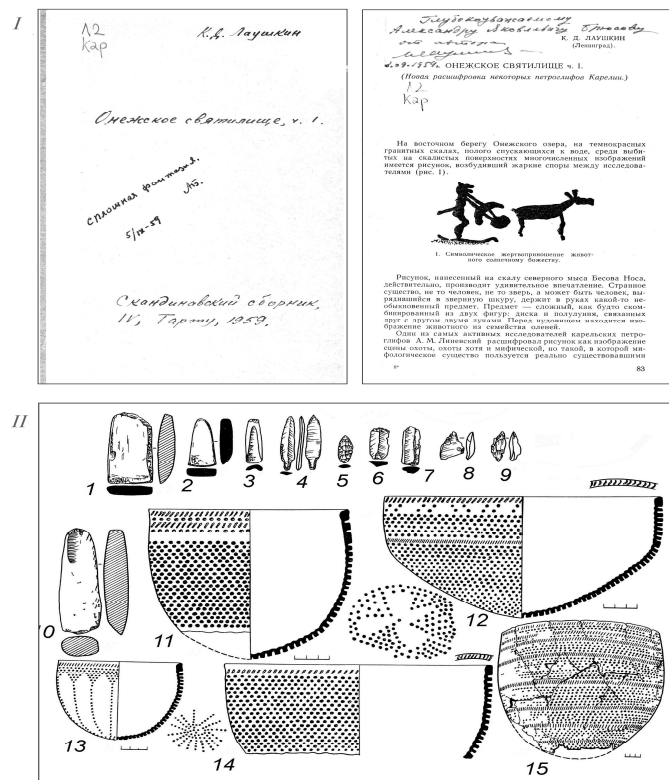


Рис. 5. Святилище на Онежском озере.

I - титульная страница статьи К.Д. Лаушкина [1959] с автографом и комментарий А.Я. Брюсова. Библиотека ИА РАН, г. Москва.

II - вещественный материал с неолитического поселения культуры ямочно- гребенчатой керамики Черная Речка I: 1-10 – орудия из камня: 1 – тесло; 2 – стамеска; 3 – долото; 4, 5 – наконечники стрел; 6 – скребок; 7 – нож; 8, 9 – сверла; 10 – топор; 11-15 – керамика [Ошибкина, 1996: 217. Рис. 70, 23-30].

из стоянок расположены в непосредственной близости к наскальным изображениям, почти налегая на них [Равдоникас, 1936: 30]. В районе Онежского озера к настоящему времени открыто около 60-ти древних поселений, большинство которых относится к эпохам мезолита, неолита и энеолита [Жульников, 2006: 21]. Данные стратиграфии и планиграфии памятников свидетельствуют, что мезолитические слои стоянок появились раньше петроглифов. Неолитические комплексы в той или иной степени одновременны с наскальными изображениями. Культурные слои поселений эпохи энеолита, бронзы и раннего железного века появились после погружения петроглифов в воду [Савватеев, 1983: 104].

В настоящее время большинство исследователей придерживается мнения, что наскальные рисунки Онежского озера создавались в эпоху неолита в течение длительного времени носителями культуры ямочно-гребенчатой керамики – с конца V тыс. до н.э. до начала II тыс. до н.э. [Савватеев, 1970: 132; Лобанова, 1993: 39-49]. С.В. Ошибкина, не меняя принципиального подхода к оценке культурной принадлежности онежских петроглифов, относит их к карельской культуре, в которую включает памятники с ямочно-гребенчатой керамикой в ее местном карельском варианте (рис. 5, II). Карельская культура входит в обширную общность культур ямочно-гребенчатой керамики в центре Русской равнины и занимает окраину на северо-западе ареала этого огромного массива древнего населения. Время существования карельской культуры определяется рубежом V-IV – серединой III тыс. до н.э. [Ошибкина, 1996: 215, 218].

Высказывается также мнение, что время функционирования онежского святилища нельзя ограничивать только эпохой неолита. Наскальные изображения могли быть созданы здесь населением культур, генетически связанных с ямочно-гребенчатой, таких как культура ромбоямочной керамики (переходное время от эпохи неолита к меднокаменному веку - энеолиту), асбестовой и пористой керамики (эпоха энеолита). Период бытования этих типов керамики – от начала IV тыс. до н.э. до середины II тыс. до н.э. [Жульников, 2006: 22]. Основу хозяйственной жизни населения, оставившего петроглифы на берегах Онежского озера, составляли охота, преимущественно на лося, медведя, пушного зверя, водоплавающих птиц, рыбная ловля, коллективный морской промысел на кита-белуху. Отмеченные культуры, как и весь массив

племен ямочно-гребенчатой керамики, принято считать древнейшим пластом финно-угорского населения [Ошибкина, 1996: 220].

Наряду с традиционными археологическими методами для определения абсолютной хронологии онежских петроглифов специалисты привлекают даты C-14 и методы датирования памятников по их высотному расположению, в связи с подъемом Балтийского щита. Несколько радиоуглеродных дат получены для стоянки Черная Речка 1 у восточного побережья Онежского озера (рис. 5, II, 1-15), позволивших датировать памятники раннего этапа ямочно-гребенчатой керамики Карелии периодом 4200 – 3500 лет до н.э. [Лобанова, 1993: 39-49; Ошибкина, 1996: 218].

Изучение природных циклических процессов, связанных с изменением уровня воды в Онежском озере, позволило специалистам определить периоды, в течение которых могли быть созданы наскальные изображения [Девятова, 1988]. В эпоху мезолита – VI-V тыс. лет до н.э. – скалы в районе Бесова Носа были еще под водой. Современных отметок уровень водоема в этом районе достиг в эпоху неолита – IV-III тыс. до н.э. В эпоху энеолита и ранней бронзы – в конце III – начале II тыс. до н.э. – уровень воды в озере снова начал подниматься и достиг максимума во второй половине II тыс. до н.э. Сейчас уровень озера близок к тому, каким он был во время создания первых групп и петроглифов [Савватеев, 1970: 131, 132; 1983: 106-109; Poikalainen, 2004: 14, 15, 34, 42].

Существует также мнение, что никаких изменений водного режима на онежском святилище после нанесения петроглифов не было [Равдоникас, 1936: 27; Bednarik, 1993: 450, 451], иначе они разрушили бы находящиеся рядом с петроглифами поселения на островах Малый и Большой Гурий, мысе Кладовец. Сами петроглифы, их вид свидетельствуют, что они не могли быть погружены в воду на длительный отрезок времени.

Для онежских петроглифов имеется также дата, определение которой произведено непосредственно по выбитым на скалах рисункам методом исследования микроэрозии кристаллов материкового основания скалы. Австралийский исследователь первобытного искусства Р. Беднарик произвел датирование художественного пигмента с рисунка беса в районе его головы и ног на Бесовом Носу [Bednarik, 1993: 444, 451-456, 459]. Полученная дата по микроэрозии датирует петроглифы Бесова Носа, а также конкретно фигуру беса, периодом между 4800 и 4000 лет тому назад (4800-4000 BP).

Большой интерес представляют результаты изучения В. Пойкалайненом 45-ти случаев перекрывания одних рисунков другими, позволяющих установить относительную хронологию наскальных изображений Онежского озера. Согласно наблюдениям исследователя, во всех изученных наложениях астральные, лунарные и солярные знаки-символы были выбиты первыми. За ними следовали лоси и водоплавающие птицы. Антропоморфные фигуры являются более поздними [Poikalainen, 2004: 35].

Опираясь на все имеющиеся в настоящее время данные по датированию петроглифов (топография памятников, мотивы рисунков и высота их расположения от уровня воды, относительная хронология, даты C-14), исследователь приходит к выводу, что скопления рисунков на мысах Кареецкий Нос, Пери Нос и Бесов Нос были созданы раньше и функционировали более длительный период, чем петроглифы Водлинского района [Poikalainen, 2004: 35]. Из всего этого следует, что памятники с изображениями лунарных и солярных символов появились раньше и существовали дольше.

#### *Интерпретации символических фигур*

Символические фигуры в виде кругов и полумесяцев с лучевыми линиями привлекали внимание ученых с первых лет изучения онежских петроглифов. Уже в первой публикации П. Шведа об изображениях Бесова Носа и Пери Носа, появившейся в 1850 г. в Известиях Императорского Русского географического общества, эти рисунки интерпретировались как зеркала и циркули. Первооткрыватель онежских петроглифов К. Гревингк в небольшой статье, опубликованной в 1885 г. в Санкт-Петербурге, объяснял изображения дисковидных и серповидных форм с линиями-лучами как личные знаки охотников, чтобы «...увековечить память о своих охотах, об охотничьей добыче, о роде и числе дичи, о направлениях, по которым тянется перелетная птица ..., о том, как и где производилась охота ...» [Равдоникас, 1936: 8, 10]. Этот подход в оценке древних изображений В.И. Равдоникас назвал «принципом сходства изображений с ныне бытующими предметами», или «ложно-реалистическим принципом» [1936: 8], определившим, как выясняется, трактовку большого числа онежских петроглифов многими исследователями более чем на столетие, вплоть до наших дней.

На последующих этапах исследования наскальных рисунков Онежского озера высказывались разные мнения о значении символических фигур: их определяли как изображения шаманских бубнов; как культовые предметы с рукоятями, которые носили во время церемоний и др. [Равдоникас, 1937: 12, 13]. Но наиболее горячие дискуссии велись с 20-х годов и почти до конца прошлого столетия между двумя учеными – А.М. Линевским и В.И. Равдоникасом, их сторонниками и последователями.

А.М. Линевский определил рассматриваемые здесь изображения круглых и серповидных форм с отходящими парными линиями-лучами как капканы, основываясь на внешнем сходстве с охотничьими ловушками пермяков, образцы которых были увидены им в Музее этнографии Академии наук в Ленинграде и Пермском краеведческом музее (рис. 6, I, 1). Разнообразие основной части «капканов» (круглых и месяцеобразных) и их «рычагов», изображенных на онежских петроглифах, исследователь объяснял тем, что охотничьи снаряды имели особую форму для каждой группы животных [Линевский, 1929: 63, 64. Рис. 13-15; 1939. С. 20-28; 1940: 26-29]. Он видел в рисунках три вида капканов: для птиц и мелких животных (рис. 6, I, 3, 5), для хищников типа волков и рысей (рис. 6, I, 2, 6, 7), для крупных высоких животных – оленей, лосей, медведей (рис. 6, I, 5).

Исходя из этих заключений, А.М. Линевский описывал большинство групп петроглифов как охотничьи сцены и делал выводы о разных промыслах у древних обитателей Онежского озера. Пытаясь показать свойства капканов на примере некоторых изображений, исследователь в отдельных случаях был не совсем корректен, например, с рисунком №50 с мыса Пери Нос VI. Увлечшись своей идеей, в целях большей убедительности, некоторые детали рисунка были не совсем точно воспроизведены (см. для сравнения – рис.6, I, 6 и рис. 6, II, 3). Эту неточность отмечал в свое время В.И. Равдоникас [1937: 17].

Точки зрения А.М. Линевского придерживался А.Я. Брюсов, но при этом он не исключал наличия солярных и лунарных символов на онежских петроглифах. Более того, некоторые композиции А.Я. Брюсов считал имеющими отношение к лунному и солнечному культу, «но не те, где присутствуют круги и полумесяцы». С представлениями древних людей о лунных фазах он связывал некоторые антропоморфные фигуры [Брюсов, 1940: 110-114].

Сторонником интерпретации символических фигур как капканов (кляпцов) в 60-е – 70-е гг. прошлого столетия являлся Ю.А. Савватеев, что нашло отражение в его фундаментальной монографии [1970: 117-124]. Исследователь считал возможным также рассматривать эти рисунки как символические образы капканов, своего рода обереги от злых и враждебных духов [Савватеев, 1970: 151]. Но уже в 80-е годы он отказался от этой трактовки, мотивируя это тем, что «... такая попытка обновления «капканной» гипотезы А.М. Линевского не получила поддержки, ... никаких новых аргументов в пользу «капканной» теории получить пока не удалось, а прежние все больше подвергаются критике ... Все новые исследователи, имевшие возможность посмотреть онежские петроглифы в натуре, считают трактовку кругов и полукружий в качестве солярных и лунарных знаков более перспективной. Естественно, и она не бесспорна, но аргументов в ее пользу больше и звучат они убедительнее» [Савватеев, 1983: 94, 95]. В своих работах последующих лет исследователь уже называет рассматриваемые фигуры «лунарными и солярными знаками».

Параллельно с «капканной» интерпретацией изображений в форме кругов и полумесяцев существовала гипотеза В.И. Равдоникаса, согласно которой указанные символы имели космическую солярную и лунарную семантику. Отходящие от этих знаков линии ученый рассматривал как «изображение лучей, живительных лучей солнца или мертвых лучей луны». В качестве аргумента он приводил знак для Солнца из египетских иероглифов (рис. 6, II, 1, 2), в котором видел ближайший аналог сходным по форме онежским рисункам [Равдоникас, 1936: 28; 1937: 12. Рис. 2]. Исследователь находил в петроглифах также астральные символы – изображения звезд, которыми могли быть кружки малых размеров. Все эти знаки, по его мнению, являлись элементами обозначения Верхнего неба. Некоторые образы могли представлять собою элементы других миров: Среднего (земля) и Нижнего (вода, преисподняя) [Равдоникас, 1937: 13, 14. Рис. 4; 5]. Тем самым он видел мир, изображенный древними обитателями Онежского озера, трехчастным. По В.И. Равдоникасу космическую значимость имеют и другие рисунки, например, схематизированные и геометризированные олени, птицы, лодки (солярные ладьи). В результате он пришел к выводу, что в эпоху неолита в Карелии, «развивается культовое космическое мировоззрение с наличием анимизма и сложных представлений о загробной жизни» [Равдоникас, 1937: 30].



Убежденным сторонником В.И. Равдоникаса являлся ленинградский этнограф К.Д. Лаушкин (1922 – 1994). Его исследования стали новым этапом в интерпретации онежских петроглифов. В предложенной концепции, исходя из большого числа солярных и лунарных знаков, он рассматривает места скопления петроглифов в районе Бесова Носа как грандиозный первобытный храм Солнца, где куполом «было само небо, иконостасом – гранитные скалы с петроглифами, а алтарем – горизонт с живым солнечным богом». По его мнению, это было одно из древнейших святилищ, где место культа организовано с учетом стран света [Лаушкин, 1959: 109]. Наиболее важную роль на святилище играли культ Солнца и культ предков, возможно, культурных героев, призванных с помощью разных ритуальных действий влиять на многие стороны не только хозяйственной, но и общественной жизни.

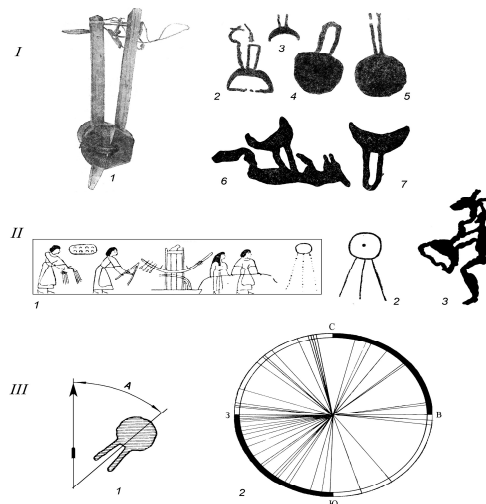


Рис. 6. К интерпретации символических фигур Онежского озера.

I, 1-7 – по Линеvскому [1-5 – 1940: 26, 27. Табл. 14, 15; 6, 7 – 1929: 63. Рис. 13]: 1 – деревянный капкан, Сибирь (Музей этнографии Академии Наук СССР); 2-5, 7 – предполагаемые изображения основных типов капканов на скалах Онежского озера; 6 – рисунок №50 с мыса Пери Нос VI в воспроизведении А.М. Линеvского (хищник, попавший в капкан).

II, 1-3 – по В.И. Равдоникасу [1, 2 – 1937: 13. Рис. 24; 3 – 1936. Табл. 20, 50]: 1 – египетское изображение, относящееся к солярному культу; 2 – египетский иероглиф солнца; 3 – подлинный вид рисунка №50 с мыса Пери Нос VI по копии В.И. Равдоникаса.

III, 1, 2 – по Ф.В. Равдоникасу [1978: 121, 125. Рис. 2; 5]: 1 – способ измерения азимута, регистрируемого фигурой; 2 – распределение по сторонам горизонта азимутов, регистрируемых фигурами с «лучами».

К.Д. Лаушкин полагал, что в онежских петроглифах содержатся ясные свидетельства настолько развитого космического культа, когда Солнце оформилось как мифологическое существо и приняло человекоподобный вид [1959: 92, 106]. Этому исследователю принадлежит также опыт конкретных расшифровок некоторых композиций наскальных изображений Онежского озера с использованием финской и саамской мифологий и фольклора, благодаря чему было показано, насколько богат и разнообразен мир этих образов [Лаушкин, 1962: 177-298]. К сожалению, близкие к реалиям идеи К.Д. Лаушкина оставались долгое время непризнанными, в том числе и такими маститыми учеными как А.Я. Брюсов, Ю.А. Савватеев, которые сами в своих исследованиях вплотную подошли к сходной интерпретации рассматриваемых рисунков. Особенно показателен в этом отношении письменно зафиксированный комментарий А.Я. Брюсова на вышедший из печати труд К.Д. Лаушкина (рис. 6, I).

На современном этапе осмысления онежских петроглифов ряд концептуальных положений В.И. Равдоникаса и К.Д. Лаушкина получили дальнейшее развитие в исследовании А.М. Жульникова [2006]. Основная идея автора, касающаяся интерпретации рассматриваемых символических фигур, сводится к тому, что в наскальных рисунках Онежского озера с помощью лунарных и солярных знаков, а также семантически близких им зооморфных персонажей (лося и лебедя), скорее всего, отражены мифологические представления древних охотников о смене дня и ночи, лунном и годичном (солнечном) цикле. Предполагается также, что образы и мотивы петроглифов могли

указывать на ситуацию сотворения мира, которая воспроизводилась на святилище во время годовых праздников, связанных с обрядами начала нового цикла [Жульников, 2006: 70, 200].



I



II

Рис. 7. Онежское озеро.

I - лунная дорожка на водной поверхности озера.

II - схема восхода Солнца или полной Луны с отражением световых дорожек на водной поверхности озера и предполагаемым воспроизведением их в наскальных изображениях.

Все изложенные выше интерпретации изображений Онежского озера в виде кругов и полумесяцев с лучевыми линиями представлены в трудах ученых-гуманитариев, исследовавших наскальные изображения в разные периоды их изучения – с 1848 года по настоящее время. Основное внимание, как мы видели, уделялось особенностям изобразительных форм рисунков и пониманию их общего значения. Вопросы, связанные с конкретным смысловым содержанием знаков с различной морфологической основой и их астрономическими особенностями, практически в этих работах не поднимались. Несмотря на разные подходы и интерпретации, все исследователи сходятся во мнении, что символические рисунки с лучами имеют принципиальное значение для понимания онежских рисунков святилища в целом, именно в них следует искать ключ к расшифровке онежских петроглифов [Лаушкин, 1962: 225; Савватеев, 1970: 98].

Единственным исследователем, привлекавшим данные астрономии для интерпретации знаков-символов онежских петроглифов, является Ф.В. Равдоникас, сын В.И. Равдоникаса, имевший техническое образование. Учитывая астрономический акцент его публикации, необходимо подробнее остановиться на методических аспектах этого исследования.

Ф.В. Равдоникас произвел измерения ориентации фигур, рассматриваемых рядом исследователей как солярные и лунные знаки, по таблицам и топографическим планам каталога В.И. Равдоникаса [1936], а также другим дополнительным источникам, включая рисунки из эрмитажной коллекции [1978: 116-132]. Им не рассматривались фигуры этого типа, составляющие один рисунок с фигурами людей или животных. Всего рассмотрено 60 фигур. Исследователь в своих измерениях исходил из того, что на онежских петроглифах лучеобразные элементы присоединяются к морфологической основе так, что определяют положение осей симметрии фигур (рис. 6, III, I).

Поэтому при расчете значения азимутов лучей в градусах учитывались оба направления оси симметрии фигуры, но предпочтение отдавалось направлению в той части горизонта, к которой обращена морфологическая основа фигуры [Равдоникас Ф.В., 1978: 121. Рис. 2]. Для получения данных вычислялись средние значения из трех независимых определений осей симметрии фигур. Очень важно, что при расчете азимутов учитывалась не только географическая широта памятника, но и магнитное склонение для места его расположения, которое составляет  $+7^\circ$ .

Полученные значения азимутов в градусах исследователь свел в таблицы с указанием памятников и номеров рисунков и распределил соответственно значениям по сторонам горизонта на диаграмме [Равдоникас Ф.В., 1978: 121-129. Рис. 5].

Из диаграммы (рис. 6, III, 2) и таблицы азимутов вытекает также весьма важный вывод Ф.В. Равдоникаса, что ориентации фигур отмечают упорядоченный набор восходов Луны, следующих через стандартные интервалы времени [1978: 129, 130]. Это может свидетельствовать о регистрации с помощью символических знаков упорядоченного набора астрономических событий, что должно отражать способ измерения времени, т.е. календарь. Исследователь полагает, что фигуры фиксируют полный 18,6-летний лунный цикл. Велся счет лет, полугодий и четвертей годов. Все эти обстоятельства показывают, что система онежских наскальных изображений в форме кругов и полумесяцев с отходящими лучами является лунным календарем [Равдоникас Ф.В., 1978: 130].

Выводы Ф.В. Равдоникаса представляются достаточно убедительными, но при этом нуждаются в дополнительном обосновании, поскольку не раскрывают с достаточной полнотой смыслового содержания и астрономических особенностей рассматриваемых фигур.

В последние годы исследование проблемы смыслового содержания и функционального значения символических фигур петроглифов Онежского озера, увязываемых с изображениями Луны и Солнца, было продолжено автором данной публикации [Потемкина, 2008: 65 – 69]. Автор рассматривает вопрос, связанный с солярными и лунарными фигурами, более комплексно, привлекая наряду с археологическими методами исследования данные археоастрономии. Основу комплексного подхода составляют результаты археологических исследований символических фигур с учетом их изобразительных, культурно-хронологических, природно-географических, топографических и астрономических особенностей (Потемкина, в печати). В первую очередь это касается взаимосвязи между ориентационной функцией фигур, особенностями их форм и значением азимутов, вычисленных по направлениям лучевых частей знаков согласно Ф.В. Равдоникасу [1978: 121, 122. Рис. 2].

Учитывая специфику поставленных задач, при анализе рисунков автор использует символические фигуры с лучевыми линиями только из хорошо документированных изданий, таких как монографии Равдоникаса В.И. [1936] и Саватеева Ю.А. [1970; 1983], позволяющих четко определить форму рисунков, их возможную ориентацию и топографическую привязку относительно Севера. Таких рисунков на сегодня насчитывается всего 62.

В процессе исследования включенных в выборку символических изображений в основу были положены нижеследующие основополагающие принципы, касающиеся как общих, так и специфических особенностей рассматриваемых петроглифов.

1. Особые топографические условия расположения, как самих памятников, так и рассматриваемых рисунков: на мысах восточного берега, глубоко вдающихся в озеро и направленных мысовой частью почти точно на запад (рис. 1). Рисунки выбивались у самой воды на оконечностях мысов и прибрежных островках, где скалы почти горизонтальные, с ровным уклоном и гладкой поверхностью (рис. 3; 4).

2. Астрономические особенности, связанные с движением основных светил на широте расположения онежского святилища ( $61^{\circ}40'$  с.ш. и  $36^{\circ}$  в. д.). Их специфика состоит в том, что вертикальная скорость восхода и захода Солнца и Луны здесь маленькая. В связи с этим скорость появления светил над горизонтом и погружения под горизонт более медленная по сравнению с относительно южными широтами. Азимуты восходов и заходов Солнца и Луны в значимые дни года для широты расположения святилища на период его функционирования (3500 г. до н.э.) вычислены по компьютерной программе Red Shift и представлены на диаграмме (рис. 8).

Согласно этим данным, в дни летнего солнцестояния солнечный день на Онежском озере длится около 20 часов. Ночи в эти дни светлые, и хотя Солнце и Луна видны на небосводе, наблюдать их сложно. В дни зимнего солнцестояния солнечный день длится примерно 4 часа.

Высокая полная Луна в летнем солнцестоянии поднимается над горизонтом лишь на высоту полградуса и фактически «катится» по горизонту в течение короткого времени – не более часа. Низкая полная Луна в это время находится на небе примерно 6 часов.

В зимнем солнцестоянии, когда Высокая полная Луна находится в своей крайней северной позиции, она – практически незаходящая. Низкая полная Луна в эти дни также поднимается над горизонтом невысоко и светит до 18 часов.

При отмеченных выше особенностях низкого положения и относительно медленного движения Солнца и Луны над горизонтом, оба светила красиво отражаются на водной глади огромного Онежского озера с его безупречно ровным горизонтом (рис. 7, I). Основываясь на этих специфических условиях, автор данной публикации взяла на себя смелость впервые выдвинуть гипотезу, что своеобразными «астрономическими приборами» для древних наблюдателей могли

служить отражения света основных светил на водной глади. Солнечные и лунные дорожки на воде являлись заметными и точными естественными ориентирами на точки восходов и заходов Солнца и Луны на горизонте для наблюдателя на берегу (рис. 7, I). Исходя из этого, был сделан вывод, что присутствующие на солярных и лунарных знаках парные лучевые линии изображают указанные выше дорожки и опосредованно азимуты восходов и заходов Луны и Солнца [Потемкина, 2008: 66].

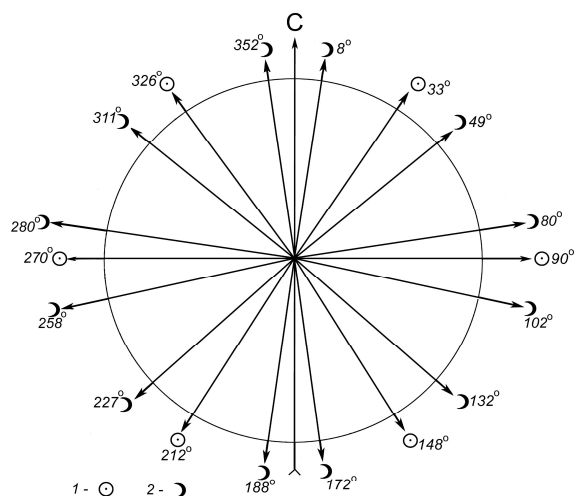


Рис. 8. Диаграмма азимутов восходов и заходов Солнца и Луны для широты 61° в 3500г. до н.э.: 1 – азимуты восходов и заходов Солнца в дни солнцестояний и равноденствий; 2 – азимуты восходов и заходов Высокой и Низкой Луны в крайних позициях.

При этих обстоятельствах лучевые линии на символических фигурах должны быть направлены в сторону, противоположную светилу на горизонте, т.е. к месту нахождения наблюдателя на берегу водоема. Присутствие на подобных рисунках в большинстве случаев парных линий – результат видимой в процессе наблюдения подвижки краев дорожек при медленном и постепенном появлении (исчезновении) светил вдоль линии горизонта в ту или другую сторону (рис. 7, II). Тем самым фиксировались видимые в процессе наблюдения края дорожки, отражавшие условное направление и время восходов (заходов) светил на горизонте [Потемкина, 2008: 68].

С целью получения конкретных результатов все перечисленные выше показатели, характеризующие особенности символических рисунков, положены в основу различного рода корреляционных таблиц и диаграмм [Потемкина, в печати].

Например, распределение символических рисунков на схемах их расположения на отдельных мысах относительно Севера и береговой линии показывают, что у 52-х фигур (84%) из 62-х лучевые линии направлены в сторону берега и следуют за его очертаниями. В качестве образца приведены полученные результаты по мысу Пери Нос III (рис. 4, II).

Данные корреляционных таблиц и сводной диаграммы [Потемкина, 2008: 66, Рис. 1] с распределением всех рассматриваемых знаков на условном горизонте в соответствии с их основной формой и ориентацией, подтверждают в целом основную гипотезу автора о возможности фиксации азимутов восходов и заходов Луны и Солнца на горизонте по лунным и солнечным дорожкам с помощью одинарных и парных линий (рис. 9).

Итоговые результаты анализа материала позволяют сделать заключение, что рассматриваемые знаки в подавляющей своей части являются лунными символами. При распределении по графам и на условном горизонте в соответствии с ориентацией Луны в различных фазах и в различное время года, рассматриваемые изображения достаточно точно тяготеют к лунным азимутам в дни равноденствий и солнцестояний. Ориентация символических фигур на значимые солнечные направления здесь практически отсутствует.

Полученные данные свидетельствуют, что на онежском святилище зафиксированы азимуты восходов и заходов Луны во всех видимых фазах и во все сезоны года [Потемкина, 2008: 68. Табл. 1]. Наибольшее число лунарных знаков имеют ориентиры, соответствующие азимутам восходов и заходов Луны в дни равноденствий. Поскольку в марте скалы Онежского озера еще покрыты ледяными торосами, то речь может идти только о днях осеннего равноденствия и близких к ним в сентябре-начале октября.














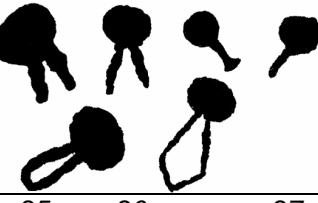



















Фазы Луны	Формы и ориентация лунарных символов		
	Дни солнцестояний		Дни равноденствий
	Летнее	Зимнее	
II 	1  2a  2 	3 	4  5  6  7 
III 	8 		9 
IV 		10 - 15 	16  17  18 
V 	19 - 24 	25  26  27 	28 - 32 
VI 	33  34 		35  36 
VIII 	37  38  39 	40 	

Рис. 9. Лунарные символы в петроглифах Онежского озера.

1, 26, 29, 30, 32, 40 – Пери Нос III; 2, 2a, 8, 15 17, 31, 33, 34, 36, 37, 39 – Карецкий Нос; 4-6, 7, 9, 10, 12 – 14, 18, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 35 – Пери Нос VI; 3 – Гуры острова; 11 – Бесов Нос, северный мыс; 21, 22, 25, 38 – Пери Нос III, экспозиция в Эрмитаже. 1-40 - Равдоникас В. И., 1936. Табл. 1; 2; 4; 7; 8; 12; 16; 20; 21; 23; 37; Савватеев, 1970. Рис. 106; 108; 1983. С. 101. Фазы Луны – Климишин, 1985. С. 34; Цибульский, 1987. С. 13.

С азимутами Луны в дни летнего и зимнего солнцестояний связано почти одинаковое количество знаков, указывающих преимущественно на заходы Низкой полной Луны. Присутствие среди символических фигур онежского святилища знаков, ориентированных на точки восходов и заходов, близких к азимутам Высокой и Низкой Луны в зимнем солнцестоянии, трудно объяснить, учитывая особенности природных условий на широте памятника. Вероятнее всего, за этими действиями стоят какие-то более глубокие явления, связанные с движением Солнца и Луны, осознанные человеком уже в древности.

Система расположения лунарных символов, выявленная на онежском святилище, демонстрирует существующее в науке мнение, что смена фаз Луны была первым астрономическим явлением, на которое обратил внимание человек (Климишин, 1985. С. 33, 34). Одна из важных причин наблюдения за Луной в эпоху неолита может быть связана с существованием лунного календаря, который считается наиболее ранним.

Таковы на сегодня существующие в науке мнения, получившие отражение в печати, относительно содержания и функционального назначения символических фигур онежских петроглифов, увязываемых с изображением Луны и Солнца. Представленные в публикации интерпретации проделали длинный и нелегкий путь во времени и пространстве, демонстрируя

тесную связь с накоплением новых материалов и развитием научных знаний в различных областях, совершенствованием методов и методологии исследований.

### Литература

- Брюсов А.Я.** История древней Карелии. Тр. ГИМ. Вып. 9. - М., 1940: 320 с.
- Девятова Э.И.** Природная среда и ее изменения в голоцене. - Петрозаводск, 1988.
- Жульников А.М.** Петроглифы Карелии. Образ мира и миры образов. - Петрозаводск: Скандинавия, 2006: 224 с.
- Климишин И.А.** Календарь и хронология. - М.: Наука. Гл. редакция физ.-мат. наук, 1985: 320 с.
- Лаушкин К.Д.** Онежское святилище. Ч. I. (Новая расшифровка некоторых петроглифов Карелии) // Скандинавский сборник. Т. 4. - Тарту, 1959: 83-111.
- Лаушкин К.Д.** Онежское святилище. Ч. II. (Опыт новой расшифровки некоторых петроглифов Карелии) // Скандинавский сборник. Т. 5. - Тарту, 1962: 177-298.
- Линевский А.М.** К вопросу о петроглифах Карелии. («Бесовы Следки» Бесов Нос и Пери Нос) // Сборник Ленинградского общества исследователей культуры финно-угорских народностей. Вып. 1. - Л., 1929: 53 – 95.
- Линевский А.М.** Очерки по истории древней Карелии. Часть 1. - Петрозаводск: Госиздат К-Ф ССР, 1940: 130 с.
- Линевский А.М.** Петроглифы Карелии. Часть 1. - Петрозаводск: Каргосиздат, 1939: 194 с.
- Лобанова Н.В.** К вопросу о датировке наскальных изображений побережья Онежского озера (по материалам близлежащих археологических памятников) // Вестник Карельского краеведческого музея. Вып. 1. - Петрозаводск, 1993: 39-49.
- Ошибкина С.В.** Неолит лесной зоны. Север Восточной Европы // Неолит Северной Евразии. Археология. - М.: Наука, 1996: 214-220.
- Потемкина Т.М.** Лунарные и солярные символы онежских петроглифов (археoaстрономический аспект) // Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. Т. III. Отв. ред. академик А.П. Деревянко, член.-корр. РАН Н.А. Макаров. - М.: ИА РАН, 2008: 65–69.
- Потемкина Т.М.** Лунарные и солярные символы онежских петроглифов (археoaстрономический аспект) // Историко-астрономические исследования. - М.: Наука. - Вып. XXXIV. - В печати.
- Равдоникас В.И.** Наскальные изображения Онежского озера. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1936: 212 с. + I – VIII + 82 табл.
- Равдоникас В.И.** Элементы космических представлений в образах наскальных изображений // СА. №4. - С. - 1937: 11-32.
- Равдоникас Ф.В.** Лунарные знаки в наскальных изображениях Онежского Озера // У истоков творчества. - Новосибирск: Наука, 1978: 116-132.
- Савватеев Ю.А.** Залавруга. Археологические памятники низовья реки Выг. - Ч.1. Петроглифы. - Л.: Наука, 1970: 443 с.
- Савватеев Ю.А.** Наскальные рисунки Карелии. - Петрозаводск, 1983. – 216 с.
- Цыбульский В.В.** Лунно-солнечный календарь стран Восточной Азии с переводом на даты европейского календаря (с 1 по 2019 г. н.э.). М.: Наука. Гл. редакция вост. лит.-ры, 1987: 384 с.
- Bednarik Robert G.** Geoarchaeological Dating of Petroglyphs at lake Onega, Russia // Geoarchaeology: An International Journal. -Vol. 8, N6. 1993: 443-463.
- Poikalainen Väino.** Rock Art of Lake Onega. - Tartu, 2004: 63 p.
- Poikalainen V., Ernits E.** Rock carvings of Lake Onega: The Vodla Region. - Tartu: Estonian Society of Prehistoric Art, 1998: 431 p.
- Poikalainen V., Ernits E.** The Hermitage Rock from Lake Onega // Древности Подвинья: исторический аспект. По материалам круглого стола, посвященного памяти А.М. Микляева (6-8 октября 1999 г.). - Санкт-Петербург: Изд-во ГЭ, 2003: 176-184.

Костин В.С.,  
Постнов А.В.,  
Хасанов С.А.,  
Диконская Е.К.  
Кисарова В.П.

### Подготовка и генерация отчета по археологическим полевым работам средствами информационных технологий: анализ проблем и постановка задач.

*В публикации выделяется комплекс задач информатизации, связанных с повышением эффективности и качества составления научной документации, а также подготовки и формирования полевых отчетов об археологических разведках и раскопках. Исходя из требований по качеству полевых отчетов, рассмотрен спектр возможных решений.*

**Ключевые слова:** полевой отчет об археологических разведках и раскопках, автоматизация, базы данных, XML, XSLT.

Раскопки археологического памятника – это его частичное или полное разрушение с целью создания археологического источника. Сам по себе памятник археологическим источником выступать не может, и только его описание или характеристика включают его в источниковедческую базу [Постнов, 1995]. Основу любого археологического источника составляет совокупность фактов – наблюдений исследователя, зафиксированных определенным образом. Поэтому качество источника определяется профессионализмом самого исследователя и системой фиксации фактов [Постнов, 2002].

Достоверность результатов археологического исследования обычно рассматривается через призму методики получения и обработки материалов, которая отражается прежде всего в археологических отчетах о проведении полевых работ. В том случае, когда мы не можем непосредственно участвовать или присутствовать при раскопках памятника, мы все сведения берем из отчетов.

Создание отчета (перевод полученных при раскопках материалов в электронную форму, максимально отражающую по полноте всю собранную документацию) дело очень трудоемкое и занимает достаточно продолжительный период. Кроме того, часто не все материалы полевых исследований отражаются в отчетах. Прежде всего, это касается различных наблюдений или идей автора (ов) раскопок, которые отражены только в полевых дневниках. Еще 10 лет назад на интернет-форумах по археологической тематике активно обсуждался вопрос – нужен ли компьютер в поле, а уже при современном развитии информационных технологий и методики обработки материала выезд на полевые исследования без компьютеров кажется невыполнимым. Однако здесь возникает вопрос: используем ли мы все возможности информационных технологий? Ответ подразумевается сам собой. Одна из причин неполного использования таких возможностей кроется в отсутствии специальных археологических программных систем, и в первую очередь систем автоматизации процессов создания электронных полевых документов и генерации отчетов.

Далее мы рассмотрим, какие задачи автоматизации вытекают из необходимости обеспечить эффективное выполнение основных требований к полевым отчетам. Но прежде отметим, что эффективная автоматизация становится возможной только после разработки информационной модели данных для хранения всех описаний и иллюстративных материалов, необходимых для генерации отчета. Пока не зафиксирован определенный формат хранения данных, задачи автоматизации рассыпаются, как дом, построенный на песке. А с построением такого хранилища задачи автоматизации могут решаться последовательно от простого к сложному и параллельно по основным направлениям повышения качества и производительности формирования полевого отчета.

**Информационная модель отчета.** В тексте отчета должно быть представлено достаточно информации для того, чтобы специалист имел возможность составить объективную картину проведенных работ и мог проверить справедливость выводов авторов раскопок. Для этого в нем должно найти отражение не только описание проведенных работ и извлеченного археологического материала, но и авторское видение обстоятельств исследования, составляющих ближайшее окружение эмпирического объекта, а также имевшихся в распоряжении исследователей материальных, финансовых и человеческих ресурсов.



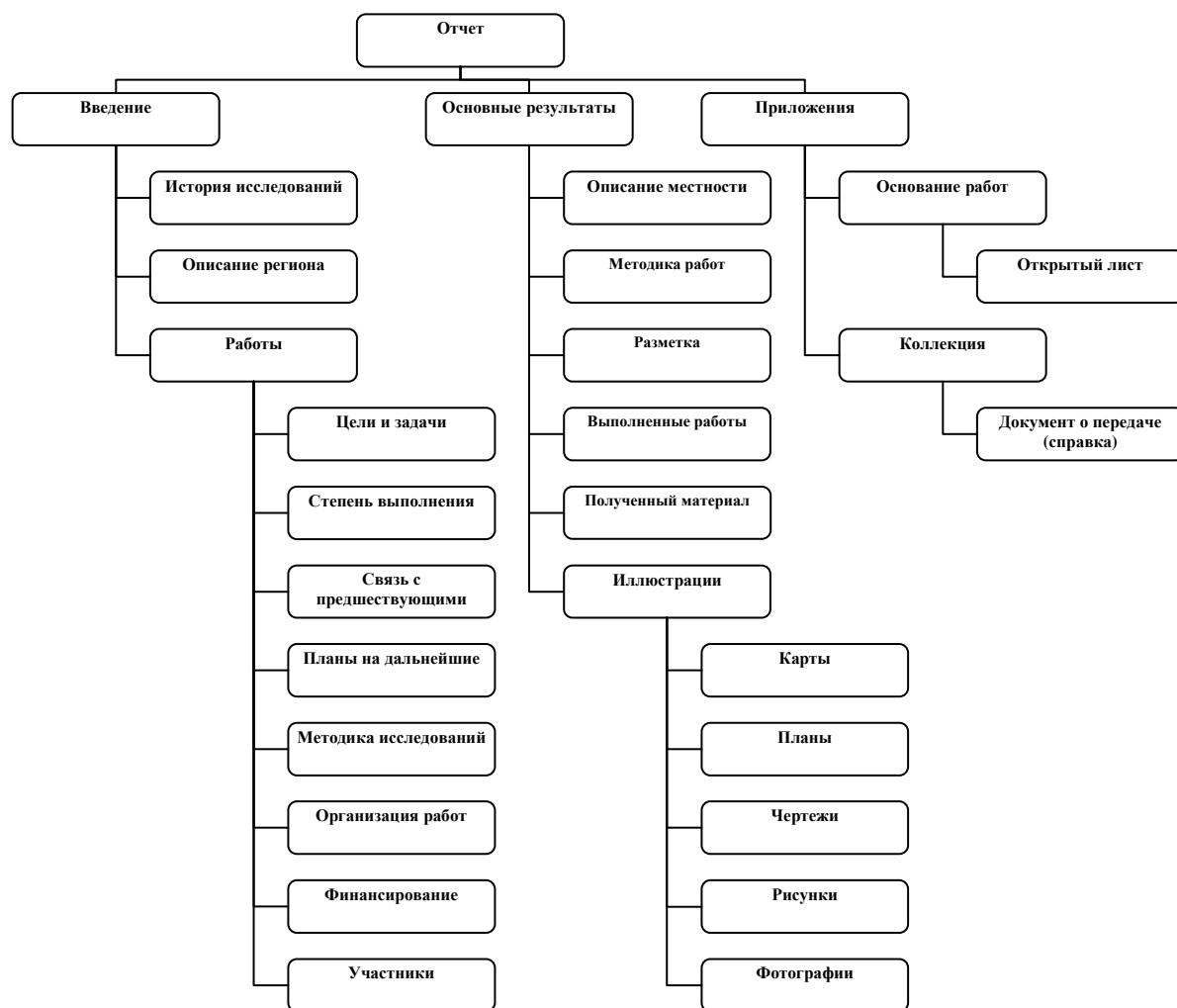


Рис. 1 Возможный вариант структуры информационного наполнения отчета

**Задачи, вытекающие из требования обеспечения точности.** Под точностью отчета понимается отсутствие ошибок и соответствие описаний фактам. Источником ошибок в процессе регистрации является человек (“человеку свойственно ошибаться”). Ошибки возникают в ходе измерения, то есть преобразования свойств наблюдаемого объекта в количественные или качественные показатели. Регистрация реальных объектов в информационной системе требует обязательного применения комплекса измерительных процедур, каждая из которых основана на выделении одного или нескольких существенных для этой процедуры свойств (атрибутов) предмета и игнорировании всех остальных. Надо учитывать, что результаты измерений используются для получения выводов в имеющейся на данный момент системе понятий, поэтому следует обращать внимание на все детали измерения, которые имеют смысл с точки зрения этой системы понятий. Количественные измерения основаны на сравнении с некоторым эталоном и в настоящее время осуществляются с помощью измерительных приборов. Задачей исследователя является правильное считывание и фиксация показаний измерительного прибора. В идеальном случае измерительный прибор напрямую связан с информационной системой и передает в нее результаты измерения. При этом исключаются ошибки передачи, но остается возможность потери контекста, то есть связи замера с измеряемым объектом. Для подавления и этого источника ошибок необходимо полностью исключить участие человека в измерительной процедуре, что намного сложнее, чем просто соединение прибора с компьютером. На первых же этапах автоматизации показания приборов вводятся полностью вручную. В этом случае необходимо предпринять специальные меры, которые помогут сократить вероятность ошибок. В первую очередь требуется оптимизировать процедуру ввода, сократив до предела число необязательных операций. Плохо спроектированный программный интерфейс вынуждает пользователя вместо ввода информации тратить время на “борьбу с программой”. Когда программист не справляется с задачей, он перекладывает свою работу на пользователя, который, кроме собственно ввода содержательной информации (контента), вынужден совершать много лишних действий, поскольку

сам компьютер мысли читать не умеет и требует точного указания, в какой признак какого объекта должно быть введено значение. Хорошо спроектированный интерфейс минимизирует непроизводительные операции пользователя за счет более простого доступа ко всем фрагментам отчета. Далее, от ввода одиночных объектов надо переходить к вводу массивов с возможностью экспорта/импорта/копирования и использования для этого внешних, более удобных или специализированных программных инструментов (редакторов и электронных таблиц). Кроме того, должны быть предусмотрены средства контроля введенных данных, основанные на преобразовании данных из текстового (табличного) представления в некоторые другие. В частности, это могут быть сводные статистики, диаграммы или реалистичные трехмерные модели вводимых объектов на таком фоне, который позволяет оценить их масштаб и расположение на местности. Для разметки – это картографическое представление, для артефактов – трехмерные цветные модели. Фоном для артефактов могут выступать эталонные образцы или реальные находки, а также наибольшие и наименьшие предметы данного типа.

Попробуем упорядочить задачи, связанные с обеспечением точности ввода данных:

1. *Разработка интерфейса ввода:*
  - 1.1. *Минимизация служебных операций (накладных расходов);*
  - 1.2. *Обеспечение массового ввода данных с использованием внешних программ;*
  - 1.3. *Развитие системы подсказок, примеров и трафаретов для описаний;*
2. *Развитие средств контроля ввода:*
  - 2.1. *Формирование сводных таблиц с выделением грубых ошибок (выбросов);*
  - 2.2. *Построение наглядных трехмерных моделей артефактов для визуального сравнения;*
  - 2.3. *Представление географических и локальных координат точек на местности;*
3. *Развитие средств измерения сложных признаков:*
  - 3.1. *Классификаторы артефактов;*
  - 3.2. *Поддержка описания артефактов;*
4. *Исключение человека из процесса ввода как основного источника ошибок:*
  - 4.1. *Подключение измерительных приборов к компьютеру;*
  - 4.2. *Автоматическое сканирование и создание цветных трехмерных моделей артефактов;*
  - 4.3. *Автоматическая классификация артефактов по пространственной модели;*

**Задачи обеспечения полноты.** Полноту можно понимать в смысле полноты извлечения материала из земли, ограниченной поставленной задачей, методикой и производительностью труда. Снижение затрат труда, и в частности автоматизацией забоя данных при описании артефактов, может высвободить рабочую силу для более тщательного их извлечения из породы. Но далее под полнотой отчета мы будем понимать полноту представления в описаниях, иллюстрациях и документах всех произведенных работ и всего полученного археологического материала. Понятно, что абсолютная полнота недостижима, но степень полноты является весьма полезной характеристикой отчета.

По мере заполнения базы данных программа должна сообщать пользователю, все ли требуемые фрагменты отчета заполнены и выдавать справку о количестве элементов каждого типа. Также средством проверки полноты отчета может служить иерархическая структурная схема отчета в виде гипертекста с возможностью полного просмотра и редактирования всего контента.

Выделим задачи, ориентированные на обеспечение полноты отчета:

1. *Индикация наличия структурных элементов отчета;*
2. *Анализ объема описаний и количества экземпляров для всех элементов отчета;*
3. *Анализ динамики заполнения базы;*
4. *Анализ заполненности иерархии элементов*

**Задачи обеспечения доступности.** Что касается доступности, то здесь можно выделить несколько аспектов. Доступность отчета как целого вряд ли будет зависеть от степени автоматизации создания отчета. Действительные преимущества автоматизации проявляются, если рассмотреть возможности работы с большим архивом полевых отчетов. Эффективная работа со многими отчетами достигается при хранении архивов в базе данных с возможностью доступа к ним по сети. Кроме того, доступность определяется возможностями и удобством избирательного извлечения из архива только необходимых пользователю данных, описаний или иллюстраций из одного или нескольких отчетов.

Рассмотрим основные задачи, обеспечивающие увеличение доступности:

1. *Расширение набора форматов представления отчета:*
  - 1.1. *Краткая сводка (памятник, автор, время раскопок, число находок...);*
  - 1.2. *Полный отчет:*
    - 1.2.1. *Документ для печати (Word, LaTeX);*

- 1.2.2. Web-публикация (HTML);
- 1.2.3. Интерактивный документ для редактирования (ввод данных);
- 1.3. Результаты:
  - 1.3.1. Массив данных (описание находок);
  - 1.3.2. Иллюстрации (по выбору);
- 1.4. Интерактивный выбор фрагментов по структуре отчета;
- 2. Организация архива отчетов:
  - 2.1. Добавление отчета в объединенную базу данных;
  - 2.2. Извлечение отчета в реплику базы данных;
  - 2.3. Поиск:
    - 2.3.1. отчета по характеристикам (автор, памятник, год, наличие находок)
    - 2.3.2. отчета по тексту:
      - 2.3.2.1. в заданных структурных элементах;
      - 2.3.2.2. по всему содержимому;
    - 2.3.3. артефактов по близости к образцу;

Теперь, выявив набор задач, вытекающих из главных требований к полемому отчету, рассмотрим возможный вариант реализации базы данных, обеспечивающий решение этих задач.

**Структура данных.** Для хранения информации, на основе которой будут генерироваться все формы представления полевого отчета, достаточно выбрать наиболее простую и быстродействующую систему – реляционную базу данных. Сформулируем основные требования к способу хранения. Во-первых, содержательная информация должна быть отделена от форматирующей, чтобы предоставить пользователю свободу выбора представления результатов – в виде печатного отчета, гипертекста (HTML) для просмотра или интерактивного редактирования на этапе ввода. Во-вторых, структура данных отчета не должна препятствовать одновременному хранению большого количества отчетов в едином архиве с возможностью оперативного доступа ко всем типам элементов и поиска как в выбранных полях, так и по всему содержимому во всех отчетах, а также формированию сводных таблиц и выборок исходных данных для анализа.

Информация, необходимая для генерации отчета, может быть разделена на постоянную и переменную части:

1. Постоянная часть – шаблоны и справочники для ввода/вывода различных представлений отчета:
  - 1.1. Шаблоны форматирования выходных документов:
    - 1.1.1. Перечень шаблонов;
    - 1.1.2. Таблица структурных элементов в шаблонах;
  - 1.2. Справочники:
    - 1.2.1. Типы фрагментов отчета;
    - 1.2.2. Типы памятника (стоянка, селище, городище и т.д.);
    - 1.2.3. Состояния памятника (хорошее; удовлетворительное; плохое; не сохранилось; нет сведений)<sup>6</sup>;
    - 1.2.4. Типы изображений (план, карта, чертеж, рисунок, фотография).
2. Переменная часть – конкретная информация, относящаяся к определенному отчету:
  - 2.1. Перечень отчетов с идентификационной и заголовочной информацией;
  - 2.2. Таблица фрагментов отчета, не привязанных к объектам;
  - 2.3. Таблицы описания:
    - 2.3.1. памятников;
    - 2.3.2. стоянок;
    - 2.3.3. раскопов;
    - 2.3.4. частей раскопа;
    - 2.3.5. слоев частей раскопа;
    - 2.3.6. находок;
  - 2.4. Таблица описания и хранения изображений;

Рассмотрим более подробно некоторые таблицы.

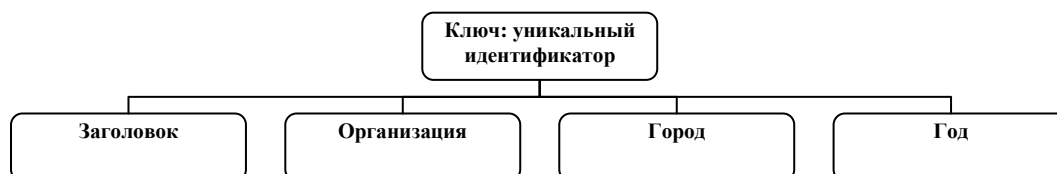
**Шаблоны форматирования** задают тип и стандарты оформления выходных документов. Для достижения максимальной гибкости и простоты разработки системы можно применить специально разработанные для этих целей инструменты, в частности XML/XSLT. Расширяемый язык разметки XML (eXtensible Markup Language) дает возможность описать структуру отчета в виде дерева, привязав к элементам структуры отчета поля таблиц из базы данных. Расширяемый язык стилей для преобразований XSLT (eXtensible Stylesheet Language for Transformations)

---

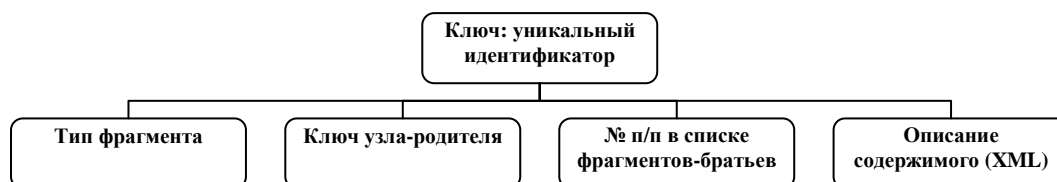
<sup>6</sup> <http://www.museum.ru/future/part03/030204.htm> - С.В.Гусев Формат геоинформационного описания для памятников археологии

позволяет достаточно просто создать программу преобразования XML-документа в документ произвольного типа, в частности LaTeX или HTML.

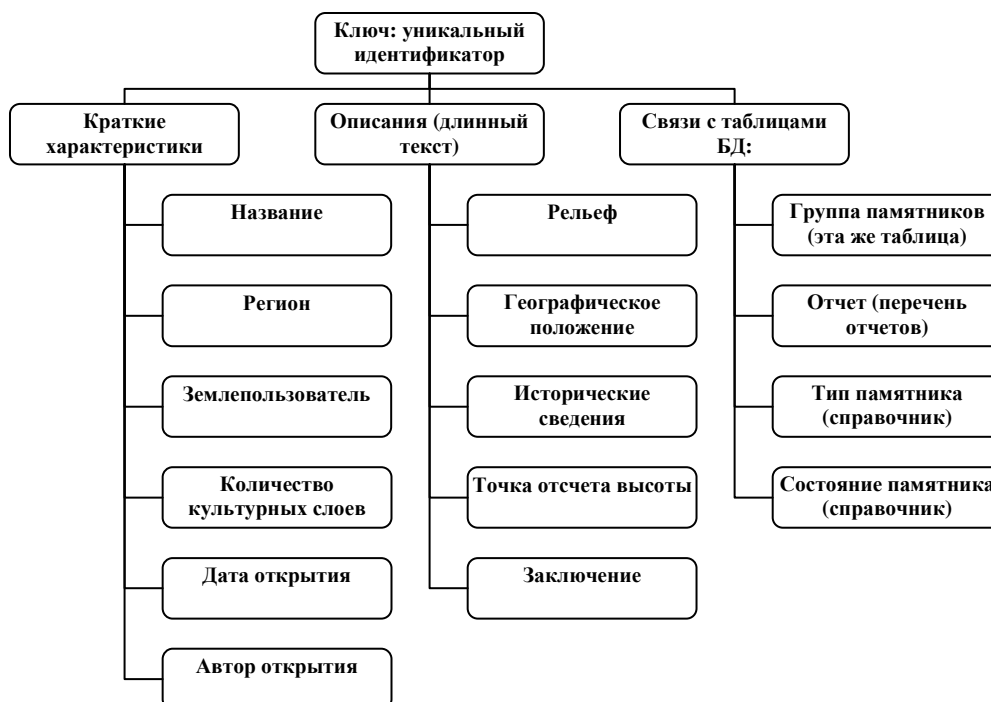
**Перечень отчетов** содержит краткое описание каждого отчета, выполняющего, кроме всего прочего, роль корневого элемента, на который навешиваются, в виде дерева, все остальные объекты, входящие в отчет. Таким образом, единственная запись в этой таблице позволяет “выдернуть” из базы данных все материалы, относящиеся к этому отчету.



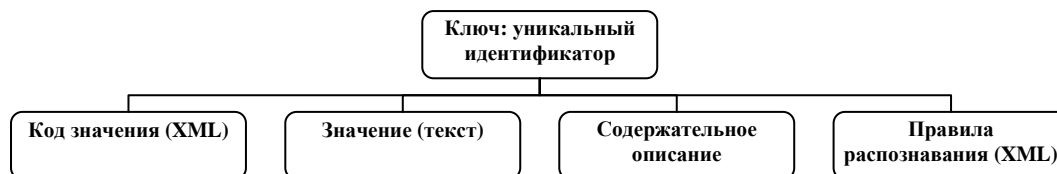
**Таблица фрагментов отчета, не привязанных к объектам**, содержит основную массу текстовых описаний отчета. Когда описание содержимого включает иллюстративный материал, сноска на него оформляется в виде XML-кода



**Таблица описания памятников** содержит краткие характеристики и развернутые описания памятника (или группы памятников) и подвешивается к отчету.



**Справочники** устроены по единому принципу:



Назначение полей:

1. Ключ – для организации поддерживаемых СУБД ссылок из других таблиц базы данных;
2. Код значения – для однозначной идентификации значений правилами распознавания;
3. Значение (текст) – для правильного распознавания человеком при вводе и анализе;
4. Содержательное описание – для правильного понимания смысла при обучении;

5. *Правила распознавания – для организации диалога при интерактивной оцифровке. Правило содержит набор вопросов, каждый ответ на которые сужает множество возможных значений, пока не останется единственное.*

Аналогичным образом расписывается структура и связи всех остальных элементов, составляющих тело отчета.

### **Заключение**

Проектируемая система должна собрать в себе необходимый комплекс программного обеспечения, достаточный для быстрого формирования отчета о полевых археологических работах, которое может быть выполнено прямо в поле, не требуя для этой операции участия человека. Этот комплекс будет состоять из небольших самостоятельных модулей, реализующих отдельные задачи из перечисленных выше на базе проверенных и поддерживаемых программных продуктов, объединенных удобным пользовательским интерфейсом.

Одной из особенностей продукта должна быть развитая и легко модифицируемая справочная система, которая будет поддерживать пользователя в процессе пошагового наполнения информационной составляющей отчета. Эта особенность позволит привлекать для работы с системой большее количество аспирантов и студентов, вырабатывать у них навыки описания и классификации археологических материалов при проведении разведок и раскопок.

### **Литература**

- Постнов А. В.** Проблема обоснования методических принципов изучения памятников каменного века // Методы естественных наук в археологических реконструкциях. – Новосибирск, 1995: 10-20.
- Постнов А.В.** Принцип корректности при раскопках памятников каменного века // Культурология и история древних и современных обществ Сибири и Дальнего Востока. – Омск: Изд-во Омского государственного педагогического университета, 2002: 64 - 67.

---

**Холюшкин Ю.П., Статистический анализ взаимоцитирования  
Костин В.С. «новых археологов»**

---

*В публикации осуществлена попытка количественного анализа цитирования археологов одного научного направления: новой археологии.*

**Ключевые слова:** цитирование, коэффициент линейной корреляции Пирсона.

**Введение**

Проблема оценки продуктивности ученого, его научного вклада – одна из важнейших теоретических и прикладных проблем науковедения. Стремление создать пусть даже «грубоватую», но в принципе работоспособную методику такой оценки психологически вполне понятно. Но конструирование систем оценки – область очень деликатная: любое решение здесь самым непосредственным образом воздействует на социально-психологические условия работы научных коллективов, затрагивает сферу человеческих отношений и мотивации ученых. И последствия ошибок здесь могут быть весьма серьезными. Для оценки продуктивности исследователей уже сравнительно давно пытаются использовать различные параметры системы научных коммуникаций. Это вполне объяснимо: через систему коммуникаций поступают в хранилище «отпечатки» научной продукции – публикации. Подсчет этих «отпечатков» на первых порах показался самым простым. Он и сейчас составляет основу большинства формализованных систем оценки научных кадров. Значение количественных аспектов научной деятельности слишком очевидно. Но вот в середине 60-х годов появился информационный инструмент, который, казалось, давал возможность отразить качество научных публикаций. Это – «Указатель библиографических ссылок» [Science Citation Index - SCI], издаваемый Институтом научной информации (США).

Почти 20 лет, в течение которых издается этот указатель, – солидный срок, позволяющий строить довольно представительные временные ряды, и социологи науки стали все активнее использовать открывающиеся здесь возможности. Создатель SCI Ю.Гарфилд с самого начала указывал на широкую применимость указателя в социологии и истории науки [Гарфилд, 1982]. Более того, нам представляется, что потенциальные возможности SCI в науковедении оценены либо в малой степени, либо применяются не по назначению. Но можно ли использовать такой измеримый параметр научных коммуникаций, как цитируемость, для оценки вклада в науку отдельных исследователей или целых коллективов? Исходные посылки тех, кто отвечает на этот вопрос положительно, кажутся вполне обоснованными. Ссылки на предыдущие публикации отражают связи между работами отдельных ученых. Следовательно, чем больше ссылок получают работы ученого, тем в большей степени используется его продукция научным сообществом, тем выше полезность его вклада. Исходя из этих посылок, американские социологи науки Дж.Коул и С.Коул одними из первых применили измерения цитируемости для обоснования весьма радикальных социологических выводов. Измерение цитируемости быстро стало связываться со злободневными практическими вопросами. Поборники использования SCI для оценки продуктивности ученых, не дождавшись теоретических обоснований, стали выходить с пропагандой этого подхода в широкую печать [Михайлов, 2001].

**О методике цитирования в археологии**

Возможность использования метод цитирования для оценки научного труда видят и некоторые археологи. Это проявляется в размещении авторских указателей в конце монографий и сборников статей в западных изданиях.

Так Дэвидом Мельтцером была приведена частота цитирования 10 лучших работ в журнале «American Antiquity» за 50-летний период [Meltzer, 1979]. Это исследование, проведенное Стерудом в 1978 году, показало возрастание неоднородности археологической дисциплины, начиная с 1960 года. Однако тенденция падения частоты цитирования не может быть однозначно определена, поскольку основывается лишь на одном количественном показателе.

В российской археологии первым использовал в практической плоскости метод цитирования Л.С. Клейн, правда, опубликовал результаты анализа лишь спустя 30 лет [Клейн, 2009: 73-78] (Таблица 1).

Л.С.Клейн попытался выявить верхушку контингента новых археологов и выявить в ней неформальную иерархию – градацию авторитетности и популярности личности в своей среде.

Таблица 1. Ранжированные списки «новых археологов» по показателям цитированности [Клейн, 2009: 75 ]

Места	Авторы	Цитаты
1	Л.Бинфорд	183
2	Д.Кларк	127
3	Дитц	78
4	Флэннери	75
5	Хилл	57
6	С.Бинфорд	55
7	Лонгакр	47
8	Дж.Фриц	32
9	Ренфру	30
10	П.Уотсон	30
11	Плог	25
12	Редмэн	19
13	Сэкет	29
14	Айзек	17
15	ЛеБланк	17
16	Доран	16
17	Лион	13
18	Мартин	12
19	Стрювер	13
20	Уоллон	11

Основой выявленных градаций явился список приводимых, в конце опубликованных семи сборников, авторских указателей [Binford&Binford, 1968; Meggers, 1968; Lee& DeVore, 1968; Clarke, 1972; Leone, 1972; Renfrew, 1973; Redman, 1973]. В результате проведенного Л.С.Клейном анализа, две трети всех ссылок на Д.Кларка оказываются в составленном им самим сборнике «Models in Archaeology». Эти ссылки отражают подбор близких ему авторов, и их внимание к составителю, и его тематике. Бинфорда же почитают во всех сборниках [Клейн, 2009: 75-76].

Выявлены были два лидера – Л. Бинфорд и Д.Кларк, на значительном расстоянии от них – все остальные, из которых, однако, более других популярны лидеры обособляющихся течений: Флэннери («серутанское» течение), Дитц («археология поселений» – вообще не принадлежащая к Новой археологии) и Хилл (гемпелианцы) [Клейн, 2009: 76].

Такой способ подсчета имеет свои недостатки, поскольку не учитывает количество упоминаемых постраничных ссылок в статье и не отражает взаимосвязь ссылок авторов друг на друга. В этой связи можно было бы, посоветовать Л.С. Клейну, проверять не только частоту цитирования, но и взаимосвязи цитируемых авторов, с целью выявления тесноты связи между авторами (Таблица 2)<sup>7</sup>.

В таблице 2 представлена информация о количестве ссылок без учета их качественной характеристики (положительные ссылки не отличаются от отрицательных), вследствие чего эти данные не позволяют отличить научных противников от единомышленников, но все-таки оставляют возможность выделить группы авторов, связанных общей тематикой.

Беглый просмотр таблицы 2 показал, что высокой частотой самоцитирования отличаются:

Д. Кларк (76.24%), Хилл (54,17%), Л. Бинфорд (31,54%).

Стремление ученых сослаться на свои предшествующие исследования вполне естественно. До определенной степени цитирование собственных работ представляется оправданным, так как довольно часто данная конкретная публикация ученого является продолжением его прежних работ. Если же ученый работает над такими проблемами, которыми в настоящее время никто в мире, кроме него самого, не занимается, необходимость в самоцитировании становится еще большей, а подчас и просто вынужденной. Это тем более оправдано, что Д.Кларк и Л.Бинфорд являются создателями двух направлений в «новой археологии».

Более того, в последнем случае вполне вероятно, что, независимо от реальной значимости работ этого исследователя для фундаментальной и прикладной науки, на его оригинальное исследование представители других школ ссылаются на него значительно реже, чем он сам.

Наука в настоящее время настолько сильно дифференцировалась, что многие исследователи

<sup>7</sup> В таблицу добавлена частота цитирования из монографии Д.Кларка [1968]. Не включены не доступные мне: Meggers, 1968; Lee& DeVore, 1968.



мало интересуется тем, что намного выходит за рамки той узкой отрасли, в которой они работают. Они на не имеющих к ним прямого отношения «чужаков» ссылаться не станут. Представители же данной школы или направления наоборот ссылаются чаще на лидера этой школы.

Для выявления скрытой структуры такой взаимосвязи требуется соответствующее преобразование исходной таблицы данных, достигаемое с помощью перестановки строк и столбцов [Холушкин, Воронин, Костин, 2008: 288-291].

Таблица 2. Процедура упорядочения авторов по структуре цитирования

	Бинфорд	Хилл	Фриц	Плог	Уотсон	ЛеБланк	Редмен	Уоллон	Стрювер	Лион	Лонгакр	Мартин	Айзек	Доран	Кларк_Д.	Фленнери	Ренфру	Дитц	Рауз
Бинфорд_Л.	82	3	0	0	3	0	0	2	2	0	4	1	1	0	8	6	0	13	12
Хилл	38	39	12	4	2	2	2	8	1	0	12	1	0	0	7	2	0	8	57
Фриц	12	4	5	10	2	2	2	1	1	6	4	5	0	0	1	2	0	0	1
Плог	6	16	0	1	0	0	0	1	0	2	12	15	0	0	5	1	0	1	2
Уотсон	5	1	3	3	21	8	10	0	0	1	0	3	2	0	1	1	0	0	0
ЛеБланк	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Редмен	2	2	1	1	4	3	4	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0
Уоллон	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Стрювер	3	1	0	0	5	4	4	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Лион	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0
Лонгакр	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
Мартин	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0
Айзек	9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	8	0	3	0	2	1	0
Доран	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	1
Кларк_Д.	34	2	1	5	4	4	4	1	1	0	10	4	4	17	138	3	8	9	5
Фленнери	3	0	1	1	5	4	4	1	0	1	1	0	0	0	5	17	0	2	1
Ренфру	24	2	0	0	0	3	2	0	1	2	1	2	0	1	6	27	8	1	0
Дитц	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Рауз	2	0	0	0	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0

Поставим следующую задачу: расположить авторов в виде упорядоченного списка в таком порядке, чтобы наиболее схожие авторы оказались рядом, а наименее схожие – далеко друг от друга.

Таблица 3. Процедура упорядочения авторов с исключение самоцитирования

	Бинфорд	Хилл	Фриц	Плог	Уотсон	ЛеБланк	Редмен	Уоллон	Стрювер	Лион	Лонгакр	Мартин	Айзек	Доран	Кларк_Д.	Фленнери	Ренфру	Дитц	Рауз
Бинфорд_Л.		41	12	6	8	1	2	12	5	5	6	7	10	0	42	9	24	13	14
Хилл	41		16	20	3	2	4	8	2	1	12	2	0	0	9	2	2	8	57
Фриц	12	16		10	5	2	3	1	1	6	4	6	0	1	2	3	0	0	1
Плог	6	20	10		3	0	1	1	0	2	12	16	0	1	10	2	0	1	2
Уотсон	8	3	5	3		10	14	0	5	1	2	3	2	0	5	6	0	0	3
ЛеБланк	1	2	2	0	10		4	0	4	0	1	0	0	0	4	4	3	0	2
Редмен	2	4	3	1	14	4		0	5	1	1	0	0	0	4	6	3	0	3
Уоллон	12	8	1	1	0	0	0		0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Стрювер	5	2	1	0	5	4	5	0		0	0	0	3	0	2	0	1	0	0
Лион	5	1	6	2	1	0	1	1	0		0	0	0	0	0	4	2	2	0
Лонгакр	6	12	4	12	2	1	1	0	0	0		1	0	0	12	1	1	0	3
Мартин	7	2	6	16	3	0	0	0	0	0	1		0	0	4	0	2	0	0
Айзек	10	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0		0	7	0	2	1	0
Доран	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		20	0	1	0	1
Кларк_Д.	42	9	2	10	5	4	4	1	2	0	12	4	7	20		8	14	9	6
Фленнери	9	2	3	2	6	4	6	2	0	4	1	0	0	0	8		27	2	5
Ренфру	24	2	0	0	0	3	3	0	1	2	1	2	2	1	14	27		1	0
Дитц	13	8	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	9	2	1		0
Рауз	14	57	1	2	3	2	3	0	0	0	3	0	0	1	6	5	0	0	

Решение задачи можно разбить на следующие этапы:

1. Построение измерителя степени схожести авторов, который использует данные табл. 2.
2. Переупорядочение авторов таким образом, чтобы суммарная степень схожести между соседними авторами была максимальна.

При построении измерителя степени схожести авторов следует учесть специфику исходных данных, представленных в табл.2:

1. Есть автор, в работах которого нет ссылок на других (Дитц), но имеются ссылки других авторов на него. Такая особенность таблицы наводит на мысль игнорировать информацию о направлении путем суммирования прямых и обратных ссылок.

2. Авторы существенно отличаются суммарным количеством ссылок. Для сравнения авторов необходимо применять метод, инвариантный относительно масштаба сравниваемых объектов.

3. Ссылки на других качественно отличаются от ссылок на себя. Поэтому необходимо исключить влияние на результат сравнения ссылок на себя и друг на друга, а сравнивать двух авторов только по ссылкам на третьих лиц.

Учитывая эти замечания, построим измеритель степени схожести авторов. Наиболее простым инвариантным к масштабу измерителем сходства является коэффициент линейной корреляции

$$\text{Пирсона: } r_{xy} = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}. \text{ Чтобы исключить влияние перекрестных ссылок}$$

авторов друг на друга, достаточно исключить из расчетов самоцитирование, то есть ссылки на собственные работы. Итак, после суммирования прямых и обратных ссылок и исключения самоцитирования получаем массив (Таблица 3).

Расчет коэффициентов корреляции Пирсона дает следующую таблицу схожести авторов:

Таблица 4. Результаты расчета коэффициентов корреляции Пирсона

	Бинфорд	Хилл	Фриц	Плог	Уотсон	ЛеБланк	Редмен	Уоллон	Стрювер	Лион	Лонгакр	Мартин	Айзек	Доран	Кларк Д.	Фленнери	Ренфру	Дитц	Рауз
Бинфорд Д.	1.00	.16	.32	.52	-.18	.13	.11	.63	.00	.02	.68	.10	.56	.64	.13	.35	.24	.88	.64
Хилл	.16	1.00	.34	.12	.08	-.12	-.07	.48	.00	.25	.39	.32	.31	.01	.41	.06	.15	.36	.76
Фриц	.32	.34	1.00	.71	.15	-.05	.09	.78	.20	.38	.66	.55	.19	-.13	.36	-.11	.19	.60	.76
Плог	.52	.12	.71	1.00	-.04	-.10	-.05	.39	-.12	.05	.72	.48	.03	.20	.06	-.21	.01	.39	.64
Уотсон	-.18	.08	.15	-.04	1.00	.60	.62	.19	.78	.17	.09	.05	.21	.04	.06	.00	.35	.17	.06
ЛеБланк	.13	-.12	-.05	-.10	.60	1.00	.98	-.11	.57	.01	.03	-.08	.18	.18	-.16	.29	.14	-.03	.04
Редмен	.11	-.07	.09	-.05	.62	.98	1.00	-.01	.55	.07	.08	-.01	.14	.07	-.14	.20	.14	.00	.13
Уоллон	.63	.48	.78	.39	.19	-.11	-.01	1.00	.34	.48	.47	.29	.59	-.06	.71	.09	.55	.86	.68
Стрювер	.00	.00	.20	-.12	.78	.57	.55	.34	1.00	.06	.07	.02	.48	.02	.27	.19	.20	.34	.17
Лион	.02	.25	.38	.05	.17	.01	.07	.48	.06	1.00	.12	.41	.25	-.18	.36	.25	.49	.31	.05
Лонгакр	.68	.39	.66	.72	.09	.03	.08	.47	.07	.12	1.00	.69	.33	.53	.27	.03	.17	.63	.59
Мартин	.10	.32	.55	.48	.05	-.08	-.01	.29	.02	.41	.69	1.00	.25	.14	.31	.06	.08	.28	.06
Айзек	.56	.31	.19	.03	.21	.18	.14	.59	.48	.25	.33	.25	1.00	.49	.79	.33	.60	.80	.07
Доран	.64	.01	-.13	.20	.04	.18	.07	-.06	.02	-.18	.53	.14	.49	1.00	-.01	.17	.26	.43	-.01
Кларк Д.	.13	.41	.36	.06	.06	-.16	-.14	.71	.27	.36	.27	.31	.79	-.01	1.00	.28	.58	.74	.20
Фленнери	.35	.06	-.11	-.21	.00	.29	.20	.09	.19	.25	.03	.06	.33	.17	.28	1.00	.69	.20	-.05
Ренфру	.24	.15	.19	.01	.35	.14	.14	.55	.20	.49	.17	.08	.60	.26	.58	.69	1.00	.64	.12
Дитц	.88	.36	.60	.39	.17	-.03	.00	.86	.34	.31	.63	.28	.80	.43	.74	.20	.64	1.00	.58
Рауз	.64	.76	.76	.64	.06	.04	.13	.68	.17	.05	.59	.06	.07	-.01	.20	-.05	.12	.58	1.00

### О введении расстояния между авторами.

Выше при построении измерителя степени схожести авторов мы использовали коэффициент корреляции Пирсона. Однако такой измеритель недостаточно чувствителен к различиям в расположении авторов, представленных концами векторов в многомерном признаковом пространстве, относительно друг друга. Чтобы учесть такую, более тонкую структурную информацию, можно ввести измеритель расстояния между авторами. Тогда вместо одной стадии расчет степени схожести авторов будет производиться в две стадии: замена числа ссылок на расстояния между авторами и затем, как и раньше – расчет степени сходства авторов коэффициентом корреляции.

Расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м авторами можно считать по формуле:

$$l_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{k \neq i, j} \left( \frac{n_{ik} + n_{ki}}{r_i^j} - \frac{n_{jk} + n_{kj}}{r_j^i} \right)^2, \text{ где } r_i^j, r_j^i - \text{нормировочные множители, имеющие смысл}$$

длины вектора:

$$r_i^j = \sqrt{\sum_{k \neq i, j} (n_{ik} + n_{ki})^2}.$$

Введенные таким образом расстояния между авторами изменяются от нуля до единицы. Единичное (максимальное) расстояние получается только в том случае, когда один из авторов ссылается только на тех, на кого не ссылается второй, то есть когда среди ссылок этих двух авторов на остальных нет ни одного пересечения.

Подсчет расстояний дает следующий результат (Таблица 5). Окончательно степень схождения авторов в виде коэффициентов корреляции между строками расстояний представлена в табл. 6.

Таблица 5. Расчет расстояний между авторами

	Бинфорд	Хилл	Фриц	Плог	Уотсон	ЛеБланк	Редмен	Уоллон	Стрювер	Лион	Лонгакр	Мартин	Айзек	Доран	Кларк_Д.	Фленнери	Ренфру	Дитц	Рауз
Бинфорд_Л.	0.00	0.51	0.36	0.27	0.58	0.46	0.47	0.31	0.56	0.56	0.21	0.61	0.33	0.38	0.36	0.39	0.53	0.12	0.33
Хилл	0.51	0.00	0.41	0.57	0.53	0.71	0.68	0.43	0.64	0.48	0.41	0.49	0.50	0.82	0.37	0.61	0.60	0.48	0.16
Фриц	0.36	0.41	0.00	0.17	0.45	0.60	0.52	0.20	0.46	0.37	0.21	0.33	0.55	0.90	0.34	0.67	0.52	0.28	0.23
Плог	0.27	0.57	0.17	0.00	0.57	0.63	0.61	0.46	0.65	0.59	0.18	0.34	0.67	0.68	0.56	0.75	0.66	0.43	0.30
Уотсон	0.58	0.53	0.45	0.57	0.00	0.20	0.16	0.56	0.13	0.46	0.52	0.62	0.55	0.76	0.48	0.59	0.42	0.53	0.68
ЛеБланк	0.46	0.71	0.60	0.63	0.20	0.00	0.01	0.79	0.27	0.58	0.60	0.71	0.57	0.68	0.67	0.45	0.60	0.69	0.73
Редмен	0.47	0.68	0.52	0.61	0.16	0.01	0.00	0.72	0.28	0.56	0.56	0.66	0.59	0.76	0.64	0.51	0.59	0.66	0.66
Уоллон	0.31	0.43	0.20	0.46	0.56	0.79	0.72	0.00	0.49	0.40	0.40	0.56	0.33	0.93	0.25	0.70	0.35	0.11	0.26
Стрювер	0.56	0.64	0.46	0.65	0.13	0.27	0.28	0.49	0.00	0.56	0.57	0.66	0.40	0.80	0.42	0.49	0.55	0.46	0.62
Лион	0.56	0.48	0.37	0.59	0.46	0.58	0.56	0.40	0.56	0.00	0.54	0.40	0.53	0.95	0.36	0.50	0.36	0.50	0.72
Лонгакр	0.21	0.41	0.21	0.18	0.52	0.60	0.56	0.40	0.57	0.54	0.00	0.22	0.48	0.42	0.46	0.62	0.58	0.26	0.33
Мартин	0.61	0.49	0.33	0.34	0.62	0.71	0.66	0.56	0.66	0.40	0.22	0.00	0.57	0.73	0.48	0.64	0.70	0.54	0.75
Айзек	0.33	0.50	0.55	0.67	0.55	0.57	0.59	0.33	0.40	0.53	0.48	0.57	0.00	0.45	0.20	0.48	0.32	0.16	0.76
Доран	0.38	0.82	0.90	0.68	0.76	0.68	0.76	0.93	0.80	0.95	0.42	0.73	0.45	0.00	0.69	0.69	0.64	0.50	0.90
Кларк_Д.	0.36	0.37	0.34	0.56	0.48	0.67	0.64	0.25	0.42	0.36	0.46	0.48	0.20	0.69	0.00	0.45	0.31	0.21	0.61
Фленнери	0.39	0.61	0.67	0.75	0.59	0.45	0.51	0.70	0.49	0.50	0.62	0.64	0.48	0.69	0.45	0.00	0.24	0.58	0.82
Ренфру	0.53	0.60	0.52	0.66	0.42	0.60	0.59	0.35	0.55	0.36	0.58	0.70	0.32	0.64	0.31	0.24	0.00	0.27	0.71
Дитц	0.12	0.48	0.28	0.43	0.53	0.69	0.66	0.11	0.46	0.50	0.26	0.54	0.16	0.50	0.21	0.58	0.27	0.00	0.34
Рауз	0.33	0.16	0.23	0.30	0.68	0.73	0.66	0.26	0.62	0.72	0.33	0.75	0.76	0.90	0.61	0.82	0.71	0.34	0.00

Все перечисленные выше процедуры дали однозначный результат. На первой строке таблицы расположился лидер движения новых археологов Л.Бинфорд. За ним следуют 11 представителей, возглавляемого Л.Бинфордом гемпелианского направления. Первым из них представлен ученик и верный последователь Л. Бинфорда Дж. Хилл. За ними следуют Фриц и Плог – представители второй волны бинфордианцев. Затем тройка соавторов Пэтти Джо Уотсон, С. ЛеБланк и Ч. Редмен. Последние в работе «Объяснения в археологии. Эксплицитный научный подход [Watson at all, 1971] рассмотрели методологию системного подхода, отраженного в эколого-адаптационном понимании культурного процесса. В основе теоретических положений этой группы лежит схема установления законов Поппера-Гемпеля-Нагеля [Клейн, 2009: 61].

Ниже следует группа аналитиков (Доран, Айзек и Кларк). Главным представителем этого направления являлся Д. Кларк со своей «Аналитической археологией» [Clarke, 1968]. В отличие от Бинфорда, он обратился к вероятностным статистическим процедурам, предусматривающим наличие случайности в культурно-историческом процессе.

Наконец третье течение «серутанское» представлено в таблицах К.Ренфру и К. Фленнери., предложивших на основе идеи Берта-Ланфи перейти от частных корреляций к рассмотрению целостных систем [Клейн, 2009: 67].

В конце таблиц расположились Д.Дитц – представитель археологии поселений, который благодаря применению количественных методов временно приобщился к движению новых археологов. Завершил табличный список таксономист Ирвинг Рауз, критиковавший аналитическую методологию Д.Кларка и предлагавший классифицировать археологические остатки, строя таксономические схемы [Клейн, 2009: 295].

Таблица 6. Коэффициент корреляции между строками таблицы 5 (с исключением диагональных элементов).

	Бинфорд	Хилл	Фриц	Плог	Уотсон	ЛеБланк	Редмен	Уоллон	Стрювер	Лион	Лонгакр	Мартин	Айзек	Доран	Кларк_Д.	Фленнери	Ренфру	Дитц	Рауз
Бинфорд_Л.	1.00	.30	.32	.38	-.37	-.40	-.39	.39	-.15	-.18	.45	.36	.27	.47	.20	-.36	.23	.54	.46
Хилл	.30	1.00	.76	.65	-.34	-.44	-.32	.77	-.05	.34	.42	.33	-.07	-.18	.34	-.33	.09	.54	.59
Фриц	.32	.76	1.00	.75	-.09	-.29	-.20	.73	-.04	.44	.58	.59	-.01	-.07	.32	-.32	-.05	.43	.75
Плог	.38	.65	.75	1.00	-.27	-.30	-.19	.53	-.20	.15	.89	.54	-.13	.11	.12	-.43	-.34	.43	.68
Уотсон	-.37	-.34	-.09	-.27	1.00	.77	.81	-.14	.82	.27	-.52	-.10	.03	-.13	-.10	.50	.00	-.36	-.08
ЛеБланк	-.40	-.44	-.29	-.30	.77	1.00	.96	-.38	.70	-.01	-.48	-.25	-.16	.05	-.29	.34	.03	-.47	-.30
Редмен	-.39	-.32	-.20	-.19	.81	.96	1.00	-.31	.76	.08	-.44	-.22	-.18	.04	-.28	.34	-.02	-.45	-.23
Уоллон	.39	.77	.73	.53	-.14	-.38	-.31	1.00	-.02	.51	.46	.43	.35	.16	.75	.06	.30	.79	.61
Стрювер	-.15	-.05	-.04	-.20	.82	.70	.76	-.02	1.00	.40	-.45	-.14	.05	.02	.06	.34	.41	-.19	-.13
Лион	-.18	.34	.44	.15	.27	-.01	.08	.51	.40	1.00	.00	.38	.34	-.15	.63	.37	.45	.27	.31
Лонгакр	.45	.42	.58	.89	-.52	-.48	-.44	.46	-.45	.00	1.00	.48	-.05	.16	.14	-.52	-.34	.40	.62
Мартин	.36	.33	.59	.54	-.10	-.25	-.22	.43	-.14	.38	.48	1.00	.00	.09	.32	-.21	.08	.29	.62

Айзек	.27	-.07	-.01	-.13	.03	-.16	-.18	.35	.05	.34	-.05	.00	1.00	.42	.70	.53	.67	.55	.11
Доран	.47	-.18	-.07	.11	-.13	.05	.04	.16	.02	-.15	.16	.09	.42	1.00	.21	.39	.14	.32	.01
Кларк Д.	.20	.34	.32	.12	-.10	-.29	-.28	.75	.06	.63	.14	.32	.70	.21	1.00	.30	.69	.70	.39
Фленнери	-.36	-.33	-.32	-.43	.50	.34	.34	.06	.34	.37	-.52	-.21	.53	.39	.30	1.00	.44	.09	-.35
Ренфру	.23	.09	-.05	-.34	.00	.03	-.02	.30	.41	.45	-.34	.08	.67	.14	.69	.44	1.00	.30	-.10
Дитц	.54	.54	.43	.43	-.36	-.47	-.45	.79	-.19	.27	.40	.29	.55	.32	.70	.09	.30	1.00	.46
Рауз	.46	.59	.75	.68	-.08	-.30	-.23	.61	-.13	.31	.62	.62	.11	.01	.39	-.35	-.10	.46	1.00

Таким образом, использованный метод цитирования открывает новые возможности для выявления группировок авторов, несмотря на отсутствие качественных характеристик цитирования.

### Литература

- Гарфилд Ю.** Можно ли выявлять и оценивать научные достижения и научную продуктивность? // Вестник АН СССР. № 7, 1982.
- Гражданников Е.Д.** Проблема критериальной оценки научных результатов // Проблемы развития научно-образовательного потенциала. – Новосибирск: Наука, 1987б: с. 24-47.
- Клейн Л.С.** Новая археология. – Донецк, 2009.
- Михайлов О.В.** Цитируемость ученого: важнейший ли это критерий качества его научной деятельности // Наука. №1, 2001
- Binford S.R. & Binford L.R.,** Archaeological theory and Method // Binford S.R. & Binford L.R. (eds). New perspectives in archaeology. – Chicago, 1968: 373 p.
- Clarke D.L.** Analytical archaeology. – L: Methuen, 1968: 684 p.
- Leone M.P.** (ed.) Contemporary archaeology. A guide to theory and contribution. – Carbondale & Edwardsville, 1972a.
- Leone M.P.** Issues in anthropological archaeology. – Leone, 1972b.
- Meltzer D.J.** Paradigms and the nature of change in American archaeology // American antiquity, 1979. - V. 44, № 4.
- Redman Ch. L. (ed.).** Research and Theory in Current Archaeology. – N.Y., L., Sydney, Toronto, 1973: 390 p.
- Renfrew A.C. (ed.).** The explanation in culture change: models in prehistory – London: Duckworth, 1973: 788 p.

Холушкин Ю.П.

## Археология Америки

В этой публикации сделана предварительная попытка создания системной классификации доколумбовой археологии Америки. В территориальном аспекте американская археология охватывает весь Новый Свет. С хронологической точки зрения, ее нижний рубеж проходит на глубине около 20 000 лет – времени, к которому относятся первые свидетельства о существовании человека в Западном полушарии. Верхний рубеж колеблется в значительных пределах.

**Ключевые слова:** литический период, архаический период. Формационный период, классический период, постклассический период

Археология Американского континента представлена доколумбовыми культурами Северной, Центральной, Карибской и Южной Америки. Частично она пересекается с изучением истории и культуры индейских народов. Кроме того, она затрагивает такие проблемы, как доколумбовы контакты европейцев с Америкой и историю первых европейских колонизаторов.

Общая археология Америки					
Археология Восточной части Америки			Археология Западной части Америки		
Северная Америка		Центральная Америка		Южная Америка	
Восток Северной Америки	Запад Северной Америки	Восток Центральной Америки	Запад Центральной Америки	Восток Южной Америки	Запад Южной Америки
Периодизация культур					
Литический период	Архаический период	Формационный период		Классический период	Постклассический период

Рис. 1. Классификационный фрагмент «Археология Америки»

В приведенной классификации диадная группа представлена восточной и западной частями Америки.

В археологии Нового Света принято деление на три основных географических региона: 1) Северная Америка до 25-й параллели на территории Мексики; 2) Центральная Америка к югу от 25-й параллели и до центрального Гондураса; и 3) Южная Америка (включая южную часть Центральной Америки и Вест-Индию). Это членение опирается на данные о культуре американских индейцев – как на основе археологических, так и этнографических данных и отражена в триадной группе..

Наиболее подробную классификацию доколумбовых археологических культур предложили Гордон Уилли и Филип Филлипс в книге «Метод и теория американской археологии» (*Method and Theory in American Archaeology*) [1958]. Они разделили археологические находки Америки на пять следующих стадий, отраженных в пентадной классификации:

Литический период, или период палеоиндейцев. Это древнейший период истории обитателей Нового Света называют эпохой камня, или палеоиндейской. На памятниках этой эпохи представлены каменными артефактами. Геологические условия, в которых найдены данные артефакты, указывают на их принадлежность к позднему плейстоцену и на климат, совершенно отличный от современного. Вместе с ними часто находят останки представителей вымершей фауны. Эпоха камня продолжалась примерно до 8000 до н.э. Лучшее представление о ней дано в Великих Равнинах и на юго-западе Северной Америки, но родственные в культурном отношении находки засвидетельствованы также на североамериканском побережье Тихого океана, на востоке США и в некоторых районах Центральной и Южной Америки. Характерные примеры: культура Кловис, фолсомская традиция и др.

Следующая эпоха в культурной истории Нового Света получила название архаической. Хозяйственной основой культур архаической эпохи в изменившихся с завершением плейстоцена природных условиях, которые приблизились к современным, по-прежнему оставались охота и собирательство. Памятники архаической эпохи, расположенные вдоль рек, на восточном побережье США, в Калифорнии и северной части Тихого океана, а также на атлантическом побережье Бразилии, содержат мощные раковинные отложения, свидетельствующие о длительном

обитании людей на одном месте. Наряду с многочисленными орудиями и украшениями из шлифованного или полированного камня в этих мусорных кучах архайческой эпохи находят изделия, вырезанные из кости и раковин, а иногда и керамику.

Очертить единые для всех временные рамки архайческой эпохи невозможно. На нижнем рубеже этой стадии (около 5000 г. до н.э.) культуры архайческой эпохи и эпохи камня частично совпадают во времени. Верхний рубеж в Центральной Америке и Перу не позднее промежутка между 2000 и 1500 до н.э. ознаменован заменой архайческих культур чисто земледельческими обществами. В других регионах характерные для архайческой эпохи охота и собирательство просуществовали дольше. По существу, многие индейские племена Америки, обитавшие там, где земледелие было невозможно или недостаточно эффективно, в хозяйственном и технологическом плане оставались на архайческой стадии вплоть до последних десятилетий XX в.

Характерными примерами являются арктическая традиция малых орудий (Arctic small tool tradition), культуры Поверти-Пойнт и Чинчорро.

*Формационный период.* Эта эпоха характеризуется становлением оседлого образа жизни, основанного на земледелии. Начало формационной эпохи, подобно началу эпохи неолита в Старом Свете, ознаменовано превращением земледелия в основу экономики Нового Света. В долине Мехико, горах Гватемалы и других районах Центральной Америки памятники формационной эпохи датируются не позже 1500 до н.э. В Перу земледельческие общества подобного типа возникли ок. 800 до н.э. Сходные культуры раннеформационного облика, по-видимому, существовали в расположенной между двумя названными регионами зоне – на территории Эквадора, Колумбии и в южной части Центральной Америки. Из этих очагов традиции земледелия, вполне освоившего разведение маиса, бобов и других культурных растений, распространились почти по всей Северной и Южной Америке. К 1000 н.э., если не раньше, в юго-западных и восточных областях США, в тропических низинах, на островах Вест-Индии и в южной части южноамериканских Анд земледельцы обитали в сельских или небольших городских поселениях. К числу признаков их культуры относятся также развитое производство керамики, ткачество, резьба по камню, сооружение более или менее долговременных построек, а во многих местах – возведение особых сооружений общественного или религиозного характера в виде своеобразных насыпей или храмов.

Примерами являются, в частности, дорсетская культура, сапотеки, древние пуэбло, ольмеки и миссисипская культура.

Классический период, или период «ранних цивилизаций». По мнению Уилли и Филлипса, его достигли только культуры Месоамерики и Анд, где он охватывает время 500—1200 гг. н.э. Примеры: ранняя цивилизация майя и тольтеки.

Постклассический период, или «поздние доиспанские цивилизации». Датируется периодом с 1200 г. и до европейской колонизации. Постклассическими являются поздняя цивилизация майя и культура ацтеков.

Указанная классификация является в значительной мере упрощенной, поскольку от неё имеются многочисленные региональные отклонения и вариации.

Аналогичным образом можно построить географические классификации других частей Света.

Общая археология Азии					
Археология Южной Азии			Археология Северной Азии		
Археология Западной Азии		Археология Центральной Азии		Археология Восточной Азии	
Юго-Западная Азия	Северо-Западная Азия	Юг Центральной Азии	Север Центральной Азии	Юго-Восточная Азия	Северо-Восточная Азия
Археология бассейнов Великих азиатских рек					
Тигр-Евфрат	Инд-Ганг	Янцзы-Хуанхэ	Сыр-Дарья-Аму-Дарья	Обь-Енисей	Лена-Амур

Рис. 2. Классификационный фрагмент «Археология Азии»

#### Литература

Whitley G.R, Phillips Ph. Methods and theory in American archaeology. – Chicago: University of Chicago Press, 1958.

Холюшкин Ю.П.,  
Костин В.С.,  
Есина И.В.

## Разработка Web-пакета статистического анализа археологических данных (дискриминантный анализ)

*В настоящей работе описывается релизация в рамках проекта пакета статистического анализа метода дискриминантного анализа.*

**Ключевые слова:** Дискриминантный анализ, статистический пакет **ведение.**

Дискриминантный анализ (ДА) относится к методам классификации с учителем, в роли которого выступает обучающая выборка, и используется для принятия решения о том, к какой из двух или более групп принадлежит предъявляемый объект. Например, некий исследователь в области образования может исследовать, какие переменные относят выпускника средней школы к одной из трех категорий: (1) поступающий в колледж, (2) поступающий в профессиональную школу или (3) отказывающийся от дальнейшего образования или профессиональной подготовки. Для этой цели исследователь может собрать данные о различных переменных, связанных с учащимися школы. После выпуска большинство учащихся естественно должно попасть в одну из названных категорий. Затем можно использовать дискриминантный анализ для определения того, какие переменные дают наилучшее предсказание выбора учащимися дальнейшего пути.

В нашем случае метод ДА предназначен для археологов. В настоящее время существует множество гипотез о принадлежности археологических памятников к различным культурам. Обычно гипотезы выдвигаются на основании экспертных оценок и предположений без обращения к математическим методам. Для возможности проверки и согласования гипотез необходимо перевести их формулировку в форму, которая позволяет сравнивать их и проверять – математическую модель. Для этого используются статистические методы данных, в том числе дискриминантный анализ.

Линейный дискриминантный анализ (ЛДА) – это метод поиска линейной комбинации атрибутов, наилучшим образом разделяющей два или более класса. Линейный дискриминантный анализ сам по себе не является алгоритмом классификации, хотя и работает с информацией о принадлежности объекта к одному из классов. Однако чаще всего результат работы линейного дискриминантного анализа используется, как часть линейного классификатора. Другим возможным применением является понижение размерности входных данных перед применением нелинейных алгоритмов классификации.

В общей постановке задача классификации объектов заключается в том, чтобы всю анализируемую совокупность объектов, статистически представленную в виде таблицы объект-свойство, разбить на сравнительно небольшое (заранее известное или нет) число однородных, в определенном смысле, групп или классов.

### **1.1. Описание предметной области**

Предметная область, с которой нам приходится работать, это – данные археологических исследований, с одной стороны, и методы статистического анализа данных, с другой.

В археологии данные представляют собой описания археологических находок, таких как каменные, металлические и костяные орудия труда, украшения и ритуальные принадлежности, останки человека, диких и домашних животных, служивших ему источником одежды и питания, обломков глиняной посуды и других керамических изделий. Объектом исследования могут быть как отдельные находки, так и целые памятники. Археологические данные, которые поступают на обработку, имеют жесткую структуру, а именно структуру таблицы, так как именно такое представление данных позволяет производить статистический анализ.

#### **1.1.1. Классификация объектов**

*Задача классификации* — формализованная задача, в которой имеется множество объектов (ситуаций), разделённых некоторым образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется выборкой. Классовая принадлежность остальных объектов не известна. Требуется построить алгоритм, способный классифицировать произвольный объект из исходного множества.



*Классифицировать объект* — значит, указать номер (или наименование) класса, к которому относится данный объект.

*Классификация объекта* — номер или наименование класса, выдаваемый алгоритмом классификации в результате его применения к данному конкретному объекту.

В математической статистике задачи классификации называются также задачами дискриминантного анализа.

*Обучающая выборка* (training sample) — выборка, по которой производится настройка (оптимизация параметров) модели зависимости.

Если модель зависимости построена по обучающей выборке  $X^m$ , то оценка качества этой модели, сделанная по той же выборке  $X^m$  оказывается, как правило, оптимистически смещённой. Это нежелательное явление называют переобучением. На практике оно встречается очень часто. Хорошую эмпирическую оценку качества построенной модели даёт её проверка на независимых данных, которые не использовались для обучения.

*Тестовая (или контрольная) выборка* (test sample) — выборка, по которой оценивается качество построенной модели. Если обучающая и тестовая выборки независимы, то оценка, сделанная по тестовой выборке, является несмещённой.

Оценку качества, сделанную по тестовой выборке, можно применить для выбора наилучшей модели. Однако тогда она снова окажется оптимистически смещённой. Для получения несмещённой оценки выбранной модели приходится выделять третью выборку.

*Проверочная выборка* (validation sample) — выборка, по которой осуществляется выбор наилучшей модели из множества моделей, построенных по обучающей выборке.

### 1.1.2. Многомерная случайная величина

*Многомерная случайная величина* (м.с.в.) — упорядоченный набор (вектор)  $x = (x_1, \dots, x_n)$  фиксированного числа  $n$  одномерных случайных величин. Многомерное наблюдение  $a$  — реализация м.с.в. Как правило  $a \in \mathbb{R}^n$ . Многомерная выборка  $A = (a_1, \dots, a_m)^T$  — неупорядоченный набор фиксированного числа  $m$  многомерных наблюдений. Основными числовыми характеристиками м.с.в. являются вектор средних и ковариационная матрица.

### 1.1.3. Вектор средних

*Вектор средних* — вектор математических ожиданий м.с.в.  $Ex = (Ex_1, \dots, Ex_n)$ . Оценкой вектора средних по многомерной выборке  $A$  является среднее значение реализаций м.с.в.

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_i$$

### 1.1.4. Ковариационная матрица

Пусть случайные величины — элементы м.с.в. — имеют конечные дисперсии. Ковариационной матрицей м.с.в.  $x$  называется квадратная матрица

$$\Sigma = (\sigma_{ij}), i, j = 1, \dots, n, \quad \sigma_{ij} = \text{cov}(x_i, x_j) = E(x_i - Ex_i)(x_j - Ex_j)$$

в которой элементы  $\sigma_{ij}$  — ковариации случайных величин  $x_i$  и  $x_j$ . На главной диагонали матрицы находятся дисперсии  $Dx_i$  случайных величин  $x_i$ . Оценкой ковариационной матрицы по многомерной выборке  $A$  является  $\hat{\Sigma} = (m-1)^{-1} A^T A$ .

## 1.3. Функции системы, выполняемые в интересах пользователя

Web-приложение должно предоставлять пользователю следующие возможности:

- ввод, хранение и редактирование собственных данных пользователя. Данные должны сохраняться на сервере в течение сеанса работы и (для зарегистрированного пользователя) между сеансами.

Пользователи хорошо ориентируются в собственных данных, но не имеют специальной подготовки в методах статистического анализа. Поэтому:

- пользователю нужна не только возможность применять методы анализа, но и инструкция по поводу того, в каких случаях следует применять эти методы и какие выводы можно сделать из полученных результатов. Другими словами, нужен развернутый справочник (инструкция), включающая тексты с описанием методов и примеры анализа реальных данных;
- вместе с выводом результатов аналитических расчетов система должна предлагать достаточно строгие и точные формулировки выводов. Графические иллюстрации должны быть информативными.

## 2. ОПИСАНИЕ ДАННЫХ

### 2.1. Входные данные

Данные для проведения дискриминантного анализа можно представить в виде таблицы объект-свойство, по строкам которой расположены объекты в виде набора (вектора) свойств или признаков, измеренных в количественной шкале.

(Пример таблицы объект-свойство)

Слой	Подразделение	№	Год	Тип скола	Длина	Ширина	Толщина	Удлиненность	Массивность	Фрагментация	тип оружия
4		121	98	1	39	22	12	1.77	1.83	2	пл.рет.
4		155	98	2	37	24	8	1.54	3	3	скребок
4		134	98	1	82	28	10	2.93	2.8	5	пл.рет.
4		140	98	2	52	41	11	1.27	3.73	4	орудие с подтеской
4		150	98	2	48	25	11	1.92	2.27	1	пл.рет.
4		120	98	4	89	22	12	4.05	1.83	1	пл.рет.
4		156	98	1	68	21	10	3.24	2.1	1	пл.рет.
4		117	98	1	40	26	6	1.54	4.33	5	пл.рет.
4		119	98	3	50	31	9	1.61	3.44	1	острокон
4		127	98	3	57	29	4	1.97	7.25	4	острокон
4		*	98	2	23	20	4	1.15	5	2	рет.отщеп
2		9	98	2	58	37	16	1.57	2.31	2	пл.рет.
8	2	858	98	1	98	29	16	3.38	1.81	5	пл.рет.

В археологических задачах в качестве объектов могут быть представлены слои археологических памятников, а в виде свойств – количества находок разного типа, например, каменных орудий, костей съеденных животных, украшений, посуды, одежды, фрагментов сооружений и т.п. Также встречаются таблицы данных, в которых объектом является отдельная находка определенного типа, а свойствами – ее геометрические характеристики, материал и т.д.

Данные в модуль поступают в виде строки из программного интерфейса, далее они преобразуются в таблицу вида “объект-свойство” которая содержится в двумерном массиве, кроме того данные могут поступить из файла.

На рисунке 2.1. изображена форма ввода данных моего модуля с введенными в нее данными. На рисунке 2.2. изображена таблица, хранящаяся в файле. На рисунке 2.3. изображены выходные данные в виде таблицы, в которую введен результат дискриминантного анализа.

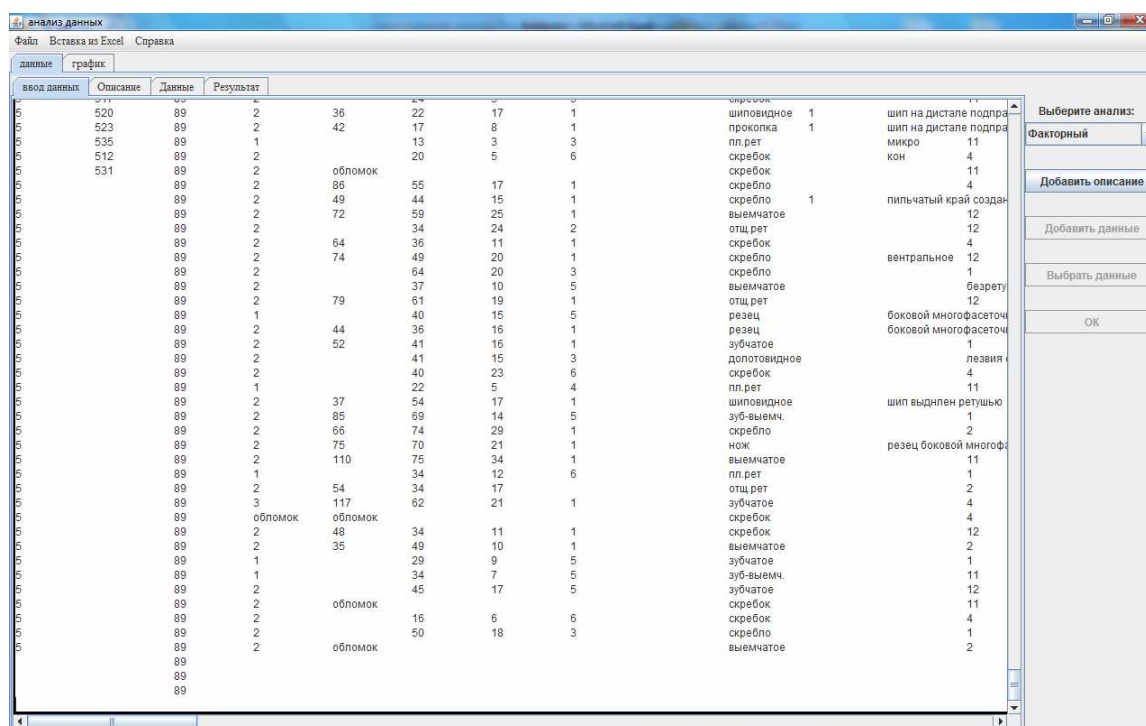


Рис 2.1.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
9	?	96	2		null	47	13	2	null	нож			1	2	2	1	2	12	1	2	3	1	1	1
10	?	96	2		null	49	8	5	null	зубчатое	null	null	1	2	2	1	2	12	2	2	3	2	1	1
7	?	96	2		61	44	16	5	null	скребло	null	null	4	2	2	1	2	2	null	2	4	1	3	3
7	?	96	2		обломок	null	7	null	отш.рет		null	null	2	2	1	1	1	2	null	2	3	3	2	1
8	237	92	1		92	44	13	5	null	выемчатое	null	null	безретиши	null	null	null	null	null	null	2	3	3	2	1
8	210	92	2		77	46	25	1	null	отш.рет	1	вентрал сформирован подтеской крупными плоскими сколами вс проксимала и дистала	4	3	1	1	2	2	null	3	3	1	2	1
8	146	92	2		63	46	22	1	null	шиповидное	null	шип - за счет естественного рельефа скола и ретурирования	4	3	3	1	3	12	2	2	4	3	3	6
8	187	92	2		56	41	19	1	null	выемчатое	null	null	11	2	1	1	2	11	13	2	3	2	2	1
8	235	92	2		39	52	8	1	null	зубчатое	null	null	2	3	1	1	1	2	null	3	3	2	2	1
8	219	92	2		55	32	15	5	null	клововидное	null	шип на обломе с ретурированием	11	2	1	1	2	11	4	2	3	2	2	3
8	1	225	92	2	62	83	32	1	null	выемчатое	null	null	безретиши	null	null	null	null	null	null	null	null	null	null	null
8	54	92	2		71	83	26	1	null	зуб-выемч.	null	null	4	1	2	1	3	2	null	1	4	1	3	3
8	84	92	1		94	56	13	1	null	нож	null	null	11	2	1	1	1	11	13	2	3	2	1	1
8	165	92	2		63	87	23	1	null	скребло	null	null	4	3	2	1	3	2	null	2	4	1	3	6
8	171	92	2		null	27	9	5	null	нож	null	null	12	2	1	1	1	12	23	2	3	2	1	1
8	284	92	2		47	37	23	1	null	отш.рет	null	null	1	2	2	1	2	12	23	3	3	1	2	1
8	141	92	1		null	36	10	6	null	скребло	null	null	1	2	2	1	2	11	4	2	4	1	3	6
8	18	92	2		null	42	7	4	null	клововидное	1	на обломе + подработка сколом облома *ретурированной	2	1	1	1	1	2	null	1	3	1	2	3

Рис. 2.2.

## 2.2. Выходные данные

На выходе для пользователя выдается HTML таблица, в которой для каждого объекта прописывается класс, к которому объект принадлежит, и коэффициенты линейной комбинации

А	В	С	Д	Е	Ф	Г
Значимость переменных	Значима	Незначима	Значима	Значима	Значима	Значима
3.4922052602016467	3.4870326785486956	0.8667915876779816	3.348170053933577	3.014758518081208	3.2500965184887196	3.1576427...
Значим	Значим	Незначим	Незначим	Незначим	Незначим	Незначим
6.664182150290972	1.0770236384198895	-0.060213093746474974	0.23694961871744552	0.12141954907480722	-0.3890077364924589	0.0049450...
4.055853003333325	0.19072356367175422	0.3062452152943667	0.2659346184868008	0.4707716946173805	-0.2712267717161041	0.0069158...
0.08161209318662232	-1.1374866657701614	1.2538571106792416	0.2923873049128946	-0.3132223017432043	0.0851928182593752	0.0627836...
6.186623317824966	0.8860183145606273	-0.00605997987009055	-0.9398252076124194	0.04221276564077819	0.5845430970870135	0.0063856...
0.9234999133757585	-0.9308960780525631	-0.20746826328969484	0.25646682147411	0.5158400816167602	0.14593623065170513	0.0198396...
-0.528186938942499	-1.4429954018428817	-0.1378271532549188	-0.11992836491060012	0.13463795009926172	-0.15548892396831934	0.0495370...
-0.9269486227182342	-1.5933797207164666	-0.3704645394081689	-0.11058844638091328	0.0692510621429004	0.037911381045423166	0.0503334...
-0.5013474251800707	-1.2886147827175891	1.4275863181983894	0.22699037591320028	-0.0825854936308644	-0.0740313229465754	0.0178145...
0.585065125107039	-0.9567967077835042	0.9973079944850394	-0.552933599735529	0.1623416654901301	-0.25126967545068263	0.0065396...
0.3714668844786796	-0.9981486787044768	0.8541822576114148	0.4542055634534911	0.1260890806936938	0.4130064087516909	-0.0159812...
-0.16755651761245247	-1.19953155689296	0.7289919317336658	0.17324535630639198	0.28293364717481756	0.28772199474274945	-0.0179335...
0.6869006128102374	-1.3666753680425023	0.8277526176607107	0.14219604456171833	-0.04219162945470827	0.012319509147808936	-0.0072875...
3.1797315351097555	-0.09906658980011078	-0.5728755077007427	-0.04066933746789447	-1.1667751248870901	-0.07996081378456374	0.0050773...
0.1224320224401831	-1.104402050271695	0.3079228443418908	0.019773677262689558	0.02454467761586386	-0.2787127225687849	-0.0271823...
-0.7495247532645969	-1.4120699293541306	0.18106840309643632	0.08357786254723068	-0.0935636763034663	0.020228453895806842	-0.0215213...
1.2075305345343374	-0.7648737471116853	-0.14913312420056601	-0.6547611961898958	0.08508837058878883	0.03698905768844314	-0.0422315...
0.2478962622629867	-1.0851032344064662	-0.5233715363331619	0.29186771159889376	-0.8078181263030411	0.0535984193919337	-0.0168154...
-0.3937001936836183	-1.2873461648141908	-0.22569440316719294	0.02105851013602928	0.08380442745640171	-0.1838962516149728	-0.0517863...
-0.9176819331509903	-1.4858418303366998	-0.38614673027540286	-0.1260048869506135	0.09903308600915778	-0.03255259480126242	-0.0507774...
-0.6674973741274333	-1.3934721874284324	-0.47168125915562287	-0.092796199314214	-0.03206341391128765	-0.035881617646788516	-0.0563278...
-0.9470519522542935	-1.47897761688305	-0.3807052426068607	-0.1317198196795419	0.06850030052570114	0.05530471261796488	-0.0661337...
0.5846750379056689	2.48893056284349	0.9962673981014559	0.2290390534906894	0.09202108214244592	0.300076954975454	-0.0124759...
-1.169371513449426	1.8966777111023112	1.44735951648048	0.05042974241448071	-0.060981645022026514	-0.1406150839241323	0.0039111...
-1.63289596739093746	1.7271618318637334	1.212160623732045	0.141897633055683	-0.10941401763965375	0.00448649288117456	0.0032690...
-1.6222345062976482	1.7392859284139075	1.2099119221073262	0.13700324363880376	-0.10353295774236677	0.017369570850189555	-0.0053764...
-0.494783695203641	2.0940195542327733	0.6801672386328517	-0.2643477075016886	0.092916716787361754	-0.3136780518038759	-0.0204934...
-1.8102775618769099	1.5655507293773563	-0.3446061912564328	-0.1309917016103097	-0.041771740342581055	0.10457222887429646	-8.926447...
-1.381114896246271	1.728359456782358	-0.4810757025932812	0.0647798994993782	0.16036200521423866	-0.07936489355294738	-0.0218695...
-1.635593081876819	1.6423624674867514	-0.3968594711994809	-0.11432102591843592	-0.021367225455937906	0.00407589524689371	-0.0198890...
-1.3602129755600567	1.747067271763129	-0.4964879170099595	0.026356045168673844	0.01286654649327722	-0.03493531231352441	-0.0340392...
-1.891811166984673	1.4866686024737965	-1.6257562343700562	-0.36808294265829966	-0.19735330382877134	0.13597227177767052	-0.0090205...
-1.1904326984682974	0.08755608408794278	0.7230353073051062	0.07017525595373567	-0.0434533099101293	0.02743328666978767	0.0559285...
-1.2036972732623206	0.0917673799424636	0.72416062336461	0.06900060196321574	-0.05134046431857028	0.016687429190025995	0.0480583...
-1.6413815373267528	-0.22577702837801517	-1.3829110462524492	-0.36236910445770626	0.15800338082477144	0.074846539488989	0.0668156...
-0.2549851566049121	0.2510121247134743	-1.79224284429202	-0.22767358170728844	0.03226164818381199	-0.3134202135243718	0.0510056...
1.20930862205553	0.7901186888821364	-2.499131834111032	1.4557585673042195	0.16472423720841292	0.12427083105136144	-0.0024131...
-1.645460187982843	-0.2007802130884093	-1.38716126786565828	-0.3628688272030133	0.167254167949123283	0.0816275766743364	-0.0432370...

Рис 2.3.

## 3.1. Описание основных методов дискриминантного анализа

Как правило, в дискриминантном анализе (ДА) распределения объектов  $X_i$  в признаковом пространстве внутри классов известны не полностью. Они задаются предположениями и выборкой. Обычно предполагается, что либо сами функции распределения  $F_j(X)$  ( $j=1, \dots, k$ ), либо их отношения принадлежат известному параметрическому классу распределений с неизвестными значениями параметров. Обучающая выборка имеет вид  $\{(X_i, y_i), i=1, \dots, n\}$ , где  $y_i$  показывает, из какого класса взято наблюдение  $i$ .

Алгоритмом ДА называют метод, с помощью которого на основании обучающей выборки и предположений строится конкретное правило классификации. Поскольку выборка случайная,

случайно и построенное на ее основе правило. Поэтому наряду с характеристиками конкретного правила часто рассматривают и средние (ожидаемые) значения этих характеристик, полученные путем усреднения по всем выборкам данного объема  $n$ . Это уже характеристика алгоритма. Наиболее часто используются  $P_{p,n}^A$  - УОК -условная ошибка классификации правила, построенного с помощью алгоритма  $A$  при данной обучающей выборке,  $E(P_{p,n}^A)$  - ООК - ожидаемая ошибка классификации алгоритма  $A$  и  $P_{p,\infty}^A = \lim_{n \rightarrow \infty} E P_{p,n}^A$  - АОК -асимптотическая (при  $n \rightarrow \infty$ ) ошибка классификации алгоритма  $A$ , а также  $\chi^A = \frac{E P_{p,n}^A}{P_{p,\infty}^A}$ , называемое коэффициентом обучаемости алгоритма  $A$  на выборке объема  $n$ , или, проще, коэффициентом Раудиса.

Предварительный анализ данных - один из наиболее ответственных этапов дискриминантного анализа. При его проведении следует различать условия, при которых конкретное правило классификации выводится, и условия, при которых оно применяется. Так, теоретическим основанием для линейной дискриминантной функции (ЛДФ) служит модель Фишера, применяется же ЛДФ в значительно более широких условиях.

Основные методы ДА основаны на параметрических, полупараметрических и непараметрических оценках плотностей распределений или на непосредственной оценке отношения правдоподобия.

Хорошо известно, что если применить построенное правило классификации к обучающей выборке, то оценка качества классификации будет в среднем завышена по сравнению с той же оценкой качества по не зависимым от обучения данным. Это означает, что регистрируемые на обучающей выборке значения ошибок и функции потерь будут ниже ожидаемых, а значения расстояний - больше. Укажем основные приемы борьбы с этим завышением качества.

*Разбиение имеющихся данных на две части: обучающую и экзаменующую выборки.* Это самый простой и убедительный метод. Им следует широко пользоваться, если данных достаточно. Тем более, что если разбиение данных произведено по какому-либо моменту времени, метод позволяет оценивать качество правила, построенного по прошлым данным, в применении к сегодняшним данным. С чисто статистической точки зрения метод разбиения данных на две части расточителен. Поэтому предложен ряд других, более сложных методов, которые полнее используют выборочную информацию.

*Метод скользящего экзамена.* Он состоит в том, что одно из наблюдений исключается из выборки, по оставшимся строится правило классификации, которое применяется к первому наблюдению, затем первое наблюдение возвращается в выборку и исключается второе, по оставшимся наблюдениям строится новое правило классификации и применяется ко второму выделенному и так далее до тех пор, пока не будут по очереди классифицированы все наблюдения. По итогам классификации строится оценка качества.

Итог классификации. Общим результатом, на который следует обратить внимание при оценке качества текущей функции классификации, является матрица классификации. Матрица классификации содержит число образцов, корректно классифицированных (на диагонали матрицы) и тех, которые попали не в свои совокупности (группы).

### **3.2. Линейный дискриминантный анализ**

Линейный дискриминантный анализ (ЛДА), а также связанный с ним линейный дискриминант Фишера — методы статистики и машинного обучения, применяемые для нахождения линейных комбинаций признаков, наилучшим образом разделяющих два или более класса объектов или событий. Полученная комбинация может быть использована в качестве линейного классификатора или для сокращения размерности пространства признаков перед последующей классификацией.

ЛДА тесно связан с дисперсионным анализом и регрессионным анализом, также пытающимися выразить какую-либо зависимую переменную через линейную комбинацию других признаков или измерений. В этих двух методах зависимая переменная — численная величина, а в ЛДА она является величиной номинальной (меткой класса). Помимо того, ЛДА имеет схожие черты с методом главных компонент и факторным анализом, которые ищут линейные комбинации величин, наилучшим образом описывающие данные.

### **3.3. Линейный дискриминантный анализ для случая двух классов**

Для каждого образца объекта или события с известным классом  $\mathcal{Y}$  рассматривается набор наблюдений  $\mathbf{x}$  (называемых ещё признаками, переменными или измерениями). Набор таких образцов называется обучающей выборкой (или набором обучения, обучением). Задачи

классификации состоит в том, чтобы построить хороший прогноз класса  $\mathcal{Y}$  для всякого так же распределённого объекта (не обязательно содержащегося в обучающей выборке), имея только наблюдения  $\mathbf{x}$ .

При ЛДА предполагается, что функции совместной плотности распределения вероятностей  $p(\mathbf{x}|\mathcal{Y}=1)$  и  $p(\mathbf{x}|\mathcal{Y}=0)$  нормальны. В этих предположениях оптимальное байесовское решение - относить точки ко второму классу, если отношение правдоподобия ниже некоторого порогового значения  $T$ :

$$(\mathbf{x}-\vec{\mu}_0)^T \Sigma_0^{-1}(\mathbf{x}-\vec{\mu}_0) + \ln|\Sigma_0| - (\mathbf{x}-\vec{\mu}_1)^T \Sigma_1^{-1}(\mathbf{x}-\vec{\mu}_1) + \ln|\Sigma_1| < T$$

Если не делается никаких дальнейших предположений, полученную задачу классификации называют квадратичным дискриминантным анализом. В ЛДА делается дополнительное предположение о гомоскедастичности (т.е. предполагается, что ковариационные матрицы равны,  $\Sigma_0 = \Sigma_1 = \Sigma$ ) и считается, что ковариационные матрицы имеют полный ранг. При этих предположениях задача упрощается и сводится к сравнению скалярного произведения с пороговым значением  $\vec{w} \cdot \mathbf{x} < c$  для некоторой константы  $c$ , где  $\vec{w} = \Sigma^{-1}(\vec{\mu}_1 - \vec{\mu}_0)$ .

Это означает, что вероятность принадлежности нового наблюдения  $\mathbf{x}$  к классу  $\mathcal{Y}$  зависит исключительно от линейной комбинации известных наблюдений.

### 3.4. Линейный дискриминант Фишера

Зачастую понятия линейный дискриминант Фишера и ЛДА используют в качестве синонимов, хотя в исходной статье Рональда Эйлмера Фишера "Использование множественных мер в задачах таксономии" (The use of multiple measurements in taxonomic problems, 1936) описывается несколько иной дискриминант, и не принимаются некоторые характерные для ЛДА предположения, такие, как нормальность распределений или равенство дисперсий.

Предположим, что два наблюдаемых класса имеют средние  $\vec{\mu}_0, \vec{\mu}_1$  и ковариационные матрицы  $\Sigma_0, \Sigma_1$ . Тогда для линейной комбинации признаков  $\vec{w} \cdot \mathbf{x}$  средними будут  $\vec{w} \cdot \vec{\mu}_i$ , а ковариационные матрицы будут иметь вид  $\vec{w}^T \Sigma_i \vec{w}$  для  $i=0,1$ . Фишер взял за расстояние между этими распределениями величину, равную отношению межклассовой дисперсии к внутриклассовой:

$$S = \frac{\sigma_{between}^2}{\sigma_{within}^2} = \frac{(\vec{w} \cdot \vec{\mu}_1 - \vec{w} \cdot \vec{\mu}_0)^2}{\vec{w}^T \Sigma_1 \vec{w} + \vec{w}^T \Sigma_0 \vec{w}} = \frac{(\vec{w} \cdot (\vec{\mu}_1 - \vec{\mu}_0))^2}{\vec{w}^T (\Sigma_1 + \Sigma_0) \vec{w}}$$

Эта величина в некотором смысле характеризует соотношение сигнал-шум для разметки классов. Можно показать, что наилучшим образом классы разделимы при

$$\vec{w} = (\Sigma_1 + \Sigma_0)^{-1}(\vec{\mu}_1 - \vec{\mu}_0).$$

Если выполняются предположения нормальности и равенства дисперсий, то полученное выше равенство эквивалентно ЛДА.

Обратим внимание, что вектор  $\vec{w}$  является вектором нормали к разделяющей гиперплоскости. Например, в двумерном случае линия, наилучшим образом разделяющая два класса, перпендикулярна к  $\vec{w}$ .

В общем случае строятся проекции точек (образов данных в пространстве признаков) на  $\vec{w}$ . Однако, чтобы в точности найти оптимально разделяющую данные гиперплоскость, требуется найти влияющую на её положение величину  $b$  из уравнения  $\vec{w}^T \vec{\mu}_0 + b = -(\vec{w}^T \vec{\mu}_1 + b)$ .

### 3.5. Линейный дискриминантный анализ для случая многих классов

В случае, когда классов больше двух, рассуждения, использованные при выведении линейного дискриминанта Фишера, могут быть дополнены для поиска подпространства, содержащего все объекты класса. Предположим, что каждый из  $C$  классов имеет среднее  $\vec{\mu}_i$  и одну и ту же ковариационную матрицу  $\Sigma$ . Тогда межклассовое рассеяние может быть задано, как ковариация средних:

$$\Sigma_b = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^C (\vec{\mu}_i - \vec{\mu})(\vec{\mu}_i - \vec{\mu})^T,$$

где  $\vec{\mu}$  — среднее по всем классам. Расстояние между классами в направлении  $\vec{w}$  в этом случае:



$$S = \frac{\vec{w}^T \Pi_1 \vec{w}}{\vec{w}^T \Sigma \vec{w}} = \frac{\vec{w}^T (\Pi_1 \Pi_1^T - \frac{1}{C}) \Pi_1 \vec{w}}{\vec{w}^T \Sigma \vec{w}}.$$

Это означает, что, когда  $\vec{w}$  — собственный вектор матрицы  $\Pi_1 \Pi_1^T - \frac{1}{C}$ , расстояние будет равно соответствующему собственному значению. Т.к. ранг  $\Pi_1 \Pi_1^T$  не превосходит  $C-1$ , эти ненулевые собственные векторы задают искомое векторное подпространство. Основное применение этих векторов — генерация признаков, как, например, в методе главных компонент. Собственные векторы, соответствующие малым собственным значениям, крайне чувствительны к изменениям данных обучения и зачастую требуется регуляризация.

Другие обобщения ЛДА на случай нескольких классов решают более общую задачу с гетероскедастическими распределениями. Один из таких методов — гетероскедастический ЛДА.

Если требуется классификация, а не сокращение числа размерностей, существует немало альтернативных методов. Например, можно отделить друг от друга все классы, а затем применить ЛДА или линейный дискриминант Фишера для классификации каждой выделенной области. Типичный пример такого метода — „один против всех“, когда точки одного класса отделяются от всех остальных точек (можно множество всех точек, не входящих в первый класс, считать вторым классом), а затем применяется ЛДА. Тогда построив  $C$  классификаторов (по одному для каждого класса) мы решим задачу. Другой принятый метод — попарная классификация, при которой новый классификатор создаётся для всякой пары классов (всего получается  $C(C-1)$  классификаторов), а затем они комбинируются.

### 3.6. Алгоритм Фишера

Следует отметить, что под общим названием ЛДА объединено несколько схожих методов, различающихся требованиями к свойствам выборки. Ниже рассмотрен один из этих методов, предъявляющий к выборке лишь два требования: 1) размер выборки должен превосходить число атрибутов, и 2) классы могут пересекаться, но их центры должны быть удалены друг от друга.

На рис 3.6.1. приведен пример задачи, решаемой алгоритмом Фишера:

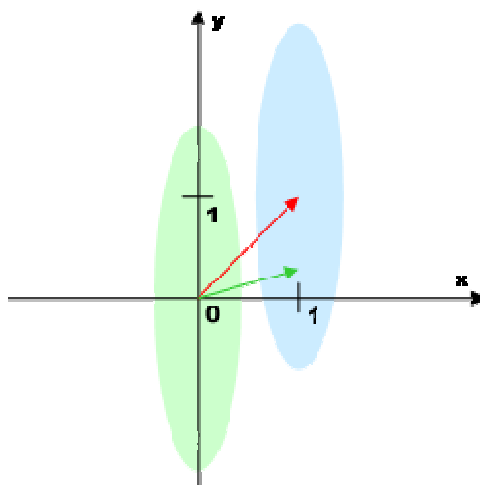


Рис 3.6.1.

В двухмерном пространстве атрибутов имеются два класса. Области, занимаемые классами, имеют вид длинных параллельных эллипсов (отмечены зеленым и синим цветами). Центр первого класса расположен в точке (0, 0), центр второго — в точке (1, 1).

Простейшее решение — провести прямую, соединяющую центроиды классов (красная стрелка) и проецировать точки на неё, не подходит, так как при этом классы практически полностью перекрываются. Как же найти линейную комбинацию атрибутов, оптимальным способом разделяющую классы?

Решение, предлагаемое Фишером, состоит в том, чтобы найти ось, проекция на которую максимизирует величину  $J(w)$  — отношение общей дисперсии выборки к сумме дисперсий внутри отдельных классов:

$$J(w) = \frac{w^T \left( \sum_i (x_i - \mu)^T (x_i - \mu) \right) w}{w^T \left( \sum_c \sum_{i \in c} (x_i - \mu_c)^T (x_i - \mu_c) \right) w}$$

Здесь суммирование по  $c$  обозначает суммирование внутри классов,  $\mu$  – среднее выборки,  $\mu_c$  – среднее класса  $c$ . Числитель этой дроби показывает, насколько широка проекция выборки на ось, а знаменатель – насколько компактно упакованы отдельные классы в рамках выборки в целом. Интуитивно понятно, что образы лучше всего разделены, когда каждый класс в отдельности имеет минимальную дисперсию при максимальной дисперсии выборки в целом. Таким образом, задача построения оптимальной линейной комбинации сведена к задаче поиска минимума функции  $J(w)$ . Причем благодаря линейности числителя и знаменателя эта задача может быть сведена к задаче поиска собственных значений симметричной матрицы.

Результатом работы алгоритма является  $N$ -мерный вектор, максимизирующий  $J(w)$ , а также  $N-1$  дополнительных векторов, образующих вместе с первым полный базис и упорядоченных по убыванию  $J(w)$  (эти векторы могут использоваться, если нам требуется найти не одну ось, а подпространство, минимизирующее  $J(w)$ ). В примере выше вектор, соответствующий максимуму  $J(w)$  схематично изображен зеленым цветом. Можно видеть, что максимум информации несет первая компонента вектора, причем изображение схематичное, в реальности угол между вектором и осью  $x$  ещё меньше, т.е. практически множества разделяются с использованием только первой компоненты.

Можно отметить, что в приведенном примере классы не перекрываются, однако в ряде случаев алгоритм может успешно работать и с перекрывающимися классами. Перекрывание границ классов не играет большой роли, пока их центроиды находятся достаточно далеко друг от друга, чтобы дисперсия существенно менялась в зависимости от того, считаем мы её по выборке в целом или внутри классов. В предельном случае, когда центры классов совпадают, т.е.  $\mu_c = \mu$ , числитель и знаменатель  $J(w)$  совпадут и вся дробь будет тождественно равна 1, что не позволит нам найти оптимальное  $w$ . На практике это будет выражаться в том, что вектор  $w$  будет "дрожать", указывая в разные стороны в зависимости от случайных корреляций, возникающих из-за конечного размера выборки.

#### ***Схема функционирования модуля дискриминантного анализа***

Модуль дискриминантного анализа состоит из класса LDA, который включает в себя некоторые методы. Ниже представлена схема функционирования модуля в виде списка:

```

Class LDA
  FisherLDA
  Fisher LDAN
    MatrixMatrixMultiply
    SmatrixEvd
      SmatrixTdEvd
        TridiagonalEvd
          GenerateRotation
          TdEvdV2
          TdEvd2
          TdEvdPythag
          ApplyRotationFromTheRight
          ApplyRotationFromTheLeft
          InPlaceTranspose
          TdEvdExtsign
        SmatrixTdUnpackq
          SymmetricMatrixVectorMultiply
          ApplyReflectionFromTheLeft
        SmatrixTd
          SymmetricRank2Update
          GenerateReflection
          SymmetricMatrixVectorMultiply

```

#### ***Описание методов класса LDA***

Методы класса LDA:

1. FisherLda- находит коэффициенты линейной комбинации переменных, оптимальным образом разделяющей множество на классы
2. FisherLdan- помимо оптимального набора коэффициентов ищутся N-1 субоптимальных линейных комбинаций, образующих полный базис в пространстве переменных, упорядоченных по убыванию качества разделения множества на классы
3. SmatrixEvd- поиск собственных чисел и векторов симметричной матрицы
4. SymmetricEvd- ищет собственные пары симметричной матрицы, приводя её к трехдиагональной и используя QL/QR алгоритм.
5. MatrixMatrixMultiply- произведение матриц:  $C = \alpha * op1(A) * op2(B) + \beta * C$ . Матрица A задается частью массива A[AI1..AI2,AJ1..AJ2]. Аналогично, матрица B задается частью массива B[BI1..BI2,BJ1..BJ2]. Результат произведения помещается в массив C[CI1..CI2,CJ1..CJ2]
6. SmatrixTd- приведение симметричной матрицы, заданной верхним или нижним треугольником, к трехдиагональной матрице ортогональным преобразованием подобия
7. SmatrixTdUnpackq- "распаковка" матрицы Q(матрицы преобразования), приводящей симметричную матрицу к трехдиагональной форме.
8. ToTridiagonal- матрицы T и Q в упакованной форме, вычисление главной диагонали симметричной матрицы T
9. UnpackqFromTridiagonal- вычисление вещественного вектора, причем  $v(i+1:n-1) = 0$ ,  $v(i) = 1$ ,  $v(0:i-1)$  хранится в A(0:i-1,i+1)
10. GenerateReflection- генерирует элементарное отражение N порядка N, такое, что для заданного X выполняется следующее равенство:
 
$$\begin{pmatrix} X(1) \\ \vdots \\ X(n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix},$$
 где
 
$$H = I - \tau \begin{pmatrix} v(1) \\ \vdots \\ v(n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v(1) & \dots & v(n) \end{pmatrix},$$
 причем первая компонента вектора V равна единице
11. ApplyReflectionFromTheLeft- умножает слева матрицу на элементарное преобразование отражения, заданное столбцом V и скалярной величиной Tau. Преобразованию подвергается не вся матрица, а только её часть (строки от M1 до M2, столбцы от N1 до N2). Элементы, не попавшие в указанную подматрицу, остаются без изменений
12. ApplyRotationsFromTheLeft- умножает матрицу слева на последовательность преобразований вращения, заданную массивами C и S. В зависимости от параметра IsForward вращению подвергаются последовательно либо 1 и 2, 3 и 4 и т.д. строки (если IsForward=True), либо N и N-1-ая, N-2 и N-3 и т.д. строки.
13. Преобразованию подвергается не вся матрица а только её часть (строки от M1 до M2, столбцы от N1 до N2). Элементы, не попавшие в указанную подматрицу, остаются без изменений.
14. ApplyRotationsFromTheRight- умножает матрицу справа на последовательность преобразований вращения, заданную массивами C и S. В зависимости от параметра IsForward вращению подвергаются последовательно либо 1 и 2, 3 и 4 и т.д. столбцы (если IsForward=True), либо N-ый и N-1-ый, N-2-ой и N-3-ий и т.д. столбцы.  
 Преобразованию подвергается не вся матрица а только её часть (строки от M1 до M2, столбцы от N1 до N2). Элементы, не попавшие в указанную подматрицу, остаются без изменений.
15. GenerateRotation- генерирует элементарное вращение, такое, что
 
$$\begin{bmatrix} CS & SN \\ -SN & CS \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$CS^2 + SN^2 = 1$$
16. SymmetricMatrixVectorMultiply- умножает подматрицу симметричной матрицы A, заданной верхним или нижним треугольником, на вектор (справа):
 
$$y = \alpha * A * x$$
17. SymmetricRank2Update- симметричное обновление ранга 2; осуществляет следующую операцию с симметричной матрицей A:
 
$$A = \alpha * x * y' + \alpha * y * x' + A$$
18. SmatrixTdEvd- поиск собственных чисел и векторов трехдиагональной симметричной матрицы. Алгоритм ищет собственные пары трехдиагональной симметричной матрицы, используя неявный QL/QR алгоритм.
19. TridiagonalEvd- вычисление диагонали трехдиагональной матрицы
20. TdEvd2- вычисление собственных векторов симметричной матрицы
21. TdEvd2- вычисление разложения симметричной матрицы
 
$$\begin{bmatrix} A & B \\ B & C \end{bmatrix}$$



22. TdEvdPythag- вычисление элементов матрицы A
23. TdEvdExtsign- вычисление элементов матрицы B
24. InPlaceTranspose- транспонирование "на месте". Транспонирует квадратную подматрицу A[I1:I2,J1:J2] с использованием рабочего массива WORK с нумерацией элементов как минимум от 1 до I2-I1
25. GenerateRotation- генерирует элементарное вращение, такое, что
 
$$\begin{bmatrix} CS & SN \\ -SN & CS \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F \\ G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ 0 \end{bmatrix}, CS^2 + SN^2 = 1$$

### Литература

- Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. – М. Финансы и статистика, 1989: 607с.
- Енюков И.С. Методы алгоритмы программы многомерного статистического анализа. – М. Финансы и статистика, 1986: 559с.
- Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р., Олдендерфер М.С., Блэшфилд Р.К.. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М. Финансы и статистика, 1989: 479с.
- Энслейн К., Рэлстон Э., Уилф Г.С.. Статистические методы для ЭВМ. – М. Наука, 1986: 405с.

---

## Холюшкин Ю.П., Костин В.С., Федотова Д.В.      Разработка Web-пакета статистического анализа археологических данных (регрессионный анализ)

---

*В настоящей работе описывается реализация в рамках проекта пакета статистического анализа метода регрессионного анализа.*

**Ключевые слова:** Регрессионный анализ, статистический пакет

Основная задача, поставленная при работе над проектом – создание вычислительного модуля, реализующего метод множественной регрессии с выбором оптимального подмножества независимых переменных из заданного набора, а именно разработка процедуры: фильтрации входных данных от пропусков, проведения многомерного регрессионного анализа и вывод результатов в виде таблицы, содержащей отчет в виде набора статистик и оценок статистической значимости для каждого сочетания переменных.

### Входные данные

Данные для проведения регрессионного анализа можно представить в виде таблицы объект-свойство, по строкам которой расположены объекты в виде набора свойств или признаков, измеренных в количественной шкале.

Приведем пример:

Таблица 1.Объект-свойство

Слой	Подразделение	№	Год	Тип скола	Длина	Ширина	Толщина	Удлиненность	Массивность	Фрагментация	тип орудия
4		121	98	1	39	22	12	1.77	1.83	2	пл.рет.
4		155	98	2	37	24	8	1.54	3	3	скребок
4		134	98	1	82	28	10	2.93	2.8	5	пл.рет.
4		140	98	2	52	41	11	1.27	3.73	4	орудие с подтеской
4		150	98	2	48	25	11	1.92	2.27	1	пл.рет.
4		120	98	4	89	22	12	4.05	1.83	1	пл.рет.
4		156	98	1	68	21	10	3.24	2.1	1	пл.рет.
4		117	98	1	40	26	6	1.54	4.33	5	пл.рет.
4		119	98	3	50	31	9	1.61	3.44	1	острокон
4		127	98	3	57	29	4	1.97	7.25	4	острокон
4			98	2	23	20	4	1.15	5	2	рет.отщеп
2		9	98	2	58	37	16	1.57	2.31	2	пл.рет.
8	2	858	98	1	98	29	16	3.38	1.81	5	пл.рет.

### Выходные данные

На выходе для пользователя выдается HTML таблица, содержащая результаты регрессионного анализа:

- Уравнение регрессии;
- Коэффициент детерминации;
- Дисперсия;

- Дисперсия объясненная;
- Дисперсия остаточная;
- F-статистика;

## АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

**Регрессионный анализ (линейный)** — статистический метод исследования зависимости между зависимой переменной  $Y$  и одной или несколькими независимыми переменными  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Независимые переменные иначе называют регрессорами или предикторами, а зависимые переменные — критериальными. Терминология зависимых и независимых переменных отражает лишь математическую зависимость переменных, а не причинно-следственные отношения.

### **Цели регрессионного анализа**

1. Определение наличия и характера (математического уравнения, описывающего зависимость) связи между переменными;
2. Определение степени детерминированности вариации критериальной переменной предикторами;
3. Предсказать значение зависимой переменной с помощью независимой;
4. Определить вклад независимых переменных в вариацию зависимой;

### **Математическое определение линейной регрессии**

Строго регрессионную зависимость можно определить следующим образом. Пусть  $Y, X_1, X_2, \dots, X_p$  — случайные величины с заданным совместным распределением вероятностей. Если для каждого набора значений  $X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_p = x_p$  определено условное математическое ожидание

$$y(x_1, x_2, \dots, x_p) = E(Y | X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_p = x_p),$$

то функция  $y(x_1, x_2, \dots, x_p)$  называется регрессией величины  $Y$  по величинам  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , а ее график — линией регрессии  $Y$  по  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , или уравнением регрессии.

Зависимость  $Y$  от  $X_1, X_2, \dots, X_p$  проявляется в изменении средних значений  $Y$  при изменении  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Хотя при каждом фиксированном наборе значений  $X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_p = x_p$  величина  $Y$  остается случайной величиной с определенным рассеянием.

Для выяснения вопроса, насколько точно регрессионный анализ оценивает изменение  $Y$  при изменении  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , используется средняя величина дисперсии  $Y$  при разных наборах значений  $X_1, X_2, \dots, X_p$  (фактически речь идет о мере рассеяния зависимой переменной вокруг линии регрессии).

### **Метод наименьших квадратов (расчёт коэффициентов)**

На практике линия регрессии чаще всего ищется в виде линейной функции  $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_NX_N$  (линейная регрессия), наилучшим образом приближающей искомую кривую. Делается это с помощью метода наименьших квадратов, когда минимизируется сумма квадратов отклонений реально наблюдаемых  $Y$  от их оценок  $\hat{Y}$  (имеются в виду оценки с помощью прямой линии, претендующей на то, чтобы представлять искомую регрессионную зависимость):

$$\sum_{k=1}^M (Y_k - \hat{Y}_k)^2 \rightarrow \min$$

( $M$  - объем выборки). Этот подход основан на том известном факте, что фигурирующая в приведенном выражении сумма принимает минимальное значение именно для того случая, когда  $Y = y(x_1, x_2, \dots, x_N)$ .

Для решения задачи регрессионного анализа методом наименьших квадратов вводится понятие функции невязки:

$$\sigma(\bar{b}) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (Y_k - \hat{Y}_k)^2$$

Условие минимума функции невязки:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\sigma(\bar{b})}{db_i} = 0 \\ i = 0 \dots M \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^M y_i = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b_j x_{i,j} + b_0 M \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,k} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b_j x_{i,j} x_{i,k} + b_0 \sum_{i=1}^M x_{i,k} \\ k = 1 \dots N \end{array} \right.$$

Полученная система является системой  $N + 1$  линейных уравнений с  $N + 1$  неизвестными  $b_0 \dots b_N$

Если представить свободные члены левой части уравнений матрицей

$$B = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^M y_i \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,1} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,N} \end{Bmatrix}$$

а коэффициенты при неизвестных в правой части матрицей

$$A = \begin{Bmatrix} M & \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,1}x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2}x_{i,1} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N}x_{i,1} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,1}x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,2}x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N}x_{i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^M x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,1}x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,2}x_{i,N} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N}x_{i,N} \end{Bmatrix}$$

то получаем матричное уравнение:  $A \times X = B$ , которое легко решается методом Гаусса.

Полученная матрица будет матрицей, содержащей коэффициенты уравнения линии регрессии:

$$X = \begin{Bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_N \end{Bmatrix}$$

### Метод Гаусса

Метод Гаусса— классический метод решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Состоит в постепенном понижении порядка системы и исключении неизвестных.

#### Описание метода

Пусть исходная система выглядит следующим образом (рис. 1.)

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \iff A\vec{x} = \vec{b}, \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Рис. 1.

Тогда согласно свойству элементарных преобразований над строками эту систему можно привести к трапециальному виду (рис 2.):

$$\begin{cases} \alpha_{1j_1}x_{j_1} + \alpha_{1j_2}x_{j_2} + \dots + \alpha_{1j_r}x_{j_r} + \dots + \alpha_{1j_n}x_{j_n} = \beta_1 \\ \alpha_{2j_2}x_{j_2} + \dots + \alpha_{2j_r}x_{j_r} + \dots + \alpha_{2j_n}x_{j_n} = \beta_2 \\ \dots \\ \alpha_{rj_r}x_{j_r} + \dots + \alpha_{rj_n}x_{j_n} = \beta_r \\ 0 = \beta_{r+1} \\ 0 = 0 \\ \dots \\ 0 = 0 \end{cases}, \quad \alpha_{1j_1}, \dots, \alpha_{rj_r} \neq 0.$$

Рис. 2

Переменные  $x_{j_1}, \dots, x_{j_r}$  называются главными переменными. Все остальные называются свободными.

Если  $\beta_{r+1} \neq 0$ , то рассматриваемая система несовместна.

Предположим, что  $\beta_{r+1} = 0$ .

Перенесём свободные переменные за знаки равенств и поделим каждое из уравнений системы на свой коэффициент при самом левом  $x(\alpha_{ij_i}, i = 1, \dots, r$ , где  $i$ — номер строки)(рис. 3.):

$$\begin{cases} x_{j_1} + \hat{\alpha}_{1j_2}x_{j_2} + \dots + \hat{\alpha}_{1j_r}x_{j_r} = \hat{\beta}_1 - \hat{\alpha}_{1j_{r+1}}x_{j_{r+1}} - \dots - \hat{\alpha}_{1j_n}x_{j_n} \\ x_{j_2} + \dots + \hat{\alpha}_{2j_r}x_{j_r} = \hat{\beta}_2 - \hat{\alpha}_{2j_{r+1}}x_{j_{r+1}} - \dots - \hat{\alpha}_{2j_n}x_{j_n} \\ \dots \\ x_{j_r} = \hat{\beta}_r - \hat{\alpha}_{rj_{r+1}}x_{j_{r+1}} - \dots - \hat{\alpha}_{rj_n}x_{j_n} \end{cases}, \quad \hat{\beta}_i = \frac{\beta_i}{\alpha_{ij_i}}, \quad \hat{\alpha}_{ij_k} = \frac{\alpha_{ij_k}}{\alpha_{ij_i}} \quad (2)$$

где  $i = 1, \dots, r, \quad k = i + 1, \dots, n$ .

Если свободным переменным системы (2) придавать все возможные значения и вычислить через них главные переменные, то мы получим все решения этой СЛАУ. Так как эта система получена путём элементарных преобразований над исходной системой, то по теореме об

эквивалентности при элементарных преобразованиях полученное нами решение является решением системы.

### **Описание алгоритма**

Алгоритм решения СЛАУ методом Гаусса подразделяется на два этапа.

На первом этапе осуществляется так называемый прямой ход, когда путём элементарных преобразований над строками систему приводят к ступенчатой или треугольной форме, либо устанавливают, что система несовместна. А именно, среди элементов первого столбца матрицы выбирают ненулевой, перемещают его на крайнее верхнее положение перестановкой строк и вычитают получившуюся после перестановки первую строку из остальных строк, домножив её на величину, равную отношению первого элемента каждой из этих строк к первому элементу первой строки, обнуляя тем самым столбец под ним. После того, как указанные преобразования были совершены, первую строку и первый столбец мысленно вычёркивают и продолжают пока не останется матрица нулевого размера. Если на какой-то из итераций среди элементов первого столбца не нашёлся ненулевой, то переходят к следующему столбцу и проделывают аналогичную операцию.

На втором этапе осуществляется так называемый обратный ход, суть которого заключается в том, чтобы выразить все получившиеся базисные переменные через небазисные и построить фундаментальную систему решений либо, если все переменные являются базисными, то выразить в численном виде единственное решение системы линейных уравнений. Эта процедура начинается с последнего уравнения, из которого выражают соответствующую базисную переменную (а она там всего одна) и подставляют в предыдущие уравнения, и так далее, поднимаясь по «ступенькам» вверх. Каждой строчке соответствует ровно одна базисная переменная, поэтому на каждом шаге, кроме последнего (самого верхнего), ситуация в точности повторяет случай последней строки.

### **Определения основных показателей**

#### **Дисперсия вычисляется по формуле 1**

$$D = \sum_{i=1}^m (y_i - y_{\text{сред}})^2 \quad (1.)$$

Дисперсия - величина, характеризующая степень разброса количественных значений величин статистической выборки (случайных величин) относительно среднего значения для этой выборки.

Для выяснения вопроса, насколько точно регрессионный анализ оценивает изменение  $Y$  при изменении  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , используется средняя величина дисперсии  $Y$  при разных наборах значений  $X_1, X_2, \dots, X_p$ .

#### **Дисперсия объясненная вычисляется по формуле (2.):**

$$D_{\text{объясн}} = \sum_{i=1}^m (y_{\text{theory}} - y_{\text{сред}})^2 \quad (2.)$$

где  $y_{\text{theory}} = k_0 + k_1 \cdot x_i[0] + k_2 \cdot x_i[1] + \dots + k_n \cdot x_i[n-1]$ , ( $i=1, 2, \dots, m$ ).

#### **Дисперсия остаточная вычисляется по формуле (3):**

$$D_{\text{остат}} = D - D_{\text{объясн}} \quad (3.)$$

#### **Коэффициент детерминации R-квадрат вычисляется по формуле (4.):**

$$R^2 = \frac{D_{\text{объясн}}}{D}, \quad (0 \leq R^2 \leq 1) \quad (4.)$$

Чем меньше разброс значений остатков около линии регрессии по отношению к общему разбросу значений, тем, очевидно, лучше прогноз. В большинстве случаев отношение будет лежать где-то между этими экстремальными значениями, т.е. между 0 и 1. Это значение непосредственно интерпретируется следующим образом. Если имеется R-квадрат равный 0.4, то изменчивость значений переменной  $Y$  около линии регрессии составляет 1-0.4 от исходной дисперсии; другими словами, 40% от исходной изменчивости могут быть объяснены, а 60% остаточной изменчивости остаются необъясненными. В идеале желательно иметь объяснение для большей части исходной изменчивости. Значение R-квадрата является индикатором степени подгонки модели к данным. Иногда показателям тесноты связи можно дать качественную оценку (шкала Чеддока):

Таблица. Шкала Чеддока

Количественная мера тесноты связи	Качественная характеристика силы связи
0,1 - 0,3	Слабая
0,3 - 0,5	Умеренная
0,5 - 0,7	Заметная
0,7 - 0,9	Высокая
0,9 - 0,99	Весьма высокая

Степени свободы вычисляются по формуле (5.):

$$Df = m - n$$

где: n - количество независимых переменных,

m – количество объектов наблюдения.

(5.)

Степени свободы полезны для нахождения F-критических значений в статистической таблице.

**F-статистика, или F-наблюдаемое значение вычисляется по формуле (6.):**

$$F_{stat} = \frac{D_{obyasn}}{n} \bigg/ \frac{D}{Df} \quad (6)$$

Используется для определения того, является ли наблюдаемая взаимосвязь между зависимой и независимой переменными случайной или нет.

### 3.6. Макетный вариант вычислительного модуля на VBA

Нашим руководителем было предложено разработать приложения в среде MS Excel, а затем переписать на язык Java. форма с кнопками для выбора метода обработки данных (рис. 3.6.1.):

Форма для выбора анализа

Рис.4

При выборе метода «Множественная регрессия» открывается окно с входными данными (в виде таблицы) (рис. 5):

Окно входных данных

Рис. 5.

Данные берем с листа «VarView». Пользователь выбирает нужные данные для анализа (в ComboBox1 – Y, в ListBox1 – Xi).

На форме 4 кнопки:

- ✓ «Cancel» - кнопка выхода;

- ✓ «Help» - кнопка, по нажатию на которую, открывается раздел "Помощь";
- ✓ «Filter» - скрытая кнопка, запускается автоматически при нажатии на кнопку «OK», отфильтровывает данные, убирая поля с пустыми, текстовыми и значениями равными 0;
- ✓ «OK» - кнопка, по которой производится анализ данных, и на отдельном листе выводятся результаты (рис. 3.6.3.):

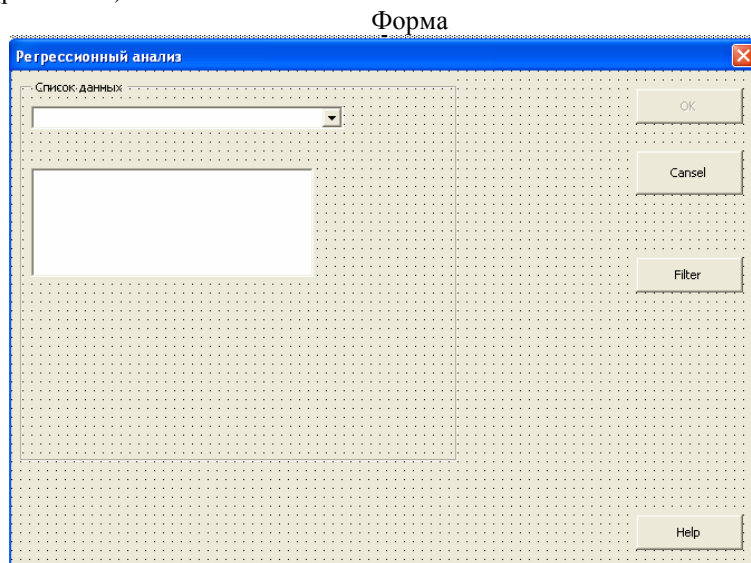


Рис. 6.

Отфильтрованные данные (рис. 7:

Y=M5	X(1)=M6	X(2)=M7
61	44	16
63	87	23
47	49	12
69	60	25
75	36	6
60	33	8
44	35	16
93	52	40
68	54	11
55	44	15
67	85	32
59	48	12
64	63	34
49	40	8
63	112	29
53	69	17
95	48	21
78	38	14
63	60	21
56	70	15
85	46	13
78	45	12

Рис. 7

Рассчитанные переменные, по которым можно сделать выводы анализа:

Таблица. Результаты анализа макетного варианта

		A(i)
R <sup>2</sup>	0.124676958624196	53.3364486601021
Disper	18819.7538461538	- 0.00784935931970453
DisperTheory	2346.38967159448	0.81990354967211
DisperOst	16473.3641745594	
Fstat	4.41549637637235	

Для контроля правильности был проведен расчет с помощью встроенного пакета анализа данных в MS Excel. Результаты приведены в Таблице 3.3.

Таблица. Результаты анализа встроенного пакета

		Ai
R <sup>2</sup>	0.124676958624196	53.336448660102
SSkv	2346.38967159448	-0.00784935931970463
SSost	16473.3641745594	0.819903549672112
F-статистика	4.41549637637234	

Результаты расчетов совпадают с точностью до последнего знака в машинном представлении числа.

Исходный код основной подпрограммы вычислительного модуля на языке VBA приведен в приложении

#### Описание классов и их методов

**Class LinearRegressive** – вычисление переменных

- 1) convertData – преобразует массив данных, сдвигая столбец данных Y из начала в конец для дальнейшего удобно расчета
- 2) getDispersion - вычисляет дисперсию
- 3) getTheoryDispersion - вычисляет дисперсию теоретическую
- 4) getResidualDispersion – вычисляет дисперсию остаточную
- 5) getR2 – вычисляет коэффициент детерминации
- 6) getSqrtR2 – вычисляет квадратный корень из коэффициента детерминации
- 7) getStepSvob – вычисляет степень свободы
- 8) getFStat - вычисляет F-статистику
- 9) getYMid - вычисляет Y среднее
- 10) getCoefficients – вычисление коэффициентов регрессии

**class IncomingData** – содержит входные данные и отфильтровывает их

- 1) getIncomingData – метод, в котором происходит заполнение массива входными данными
- 2) filterData – отфильтровывает входные данные (удаляет строки с текстовыми и пустыми значениями)
- 3) stringArrayToInt – переводит переменные типа string в тип Integer
- 4) printClearData – выводит отфильтрованные данные

**class ClearData** – описывает отфильтрованные входные данные

- 1) getYTheory – вычисление Y теоретических по формуле (4.2.1.):

$$k_0 + (k_1 * x[0]) + (k_2 * x[1]) \quad (4.2.1.)$$

**class Data** - описывает не отфильтрованные входные данные

**class Test**

- 1) main – выводит результаты регрессионного анализа

#### Заключение

В результате проделанной работы был реализован метод множественной линейной регрессии. Были проанализированы полученные результаты и протестирован реализованный метод.

#### Литература

Енюков И.С. Методы алгоритмы программы многомерного статистического анализа – М.: Финансы и статистика, 1986: 285 с.

Сайт, электронная энциклопедия: [Электрон. ресурс]. - [www.ru.wikipedia.org](http://www.ru.wikipedia.org) [15.06.2009]

Сайт, описание метода: [Электрон. ресурс]. - [www.statsoft.ru](http://www.statsoft.ru) [23.05.2009]

Сайт, описание метода: [Электрон. ресурс]. - [www.yartel.ru](http://www.yartel.ru) [23.05.2009]

Сайт, описание регрессионного анализа: [Электрон. ресурс]. - <http://www.cultinfo.ru> [22.05.2009]

Сайт, Язык и архитектура Java: [Электрон. ресурс]. - [www.citforum.ru](http://www.citforum.ru) [20.05.2009]

Словари и энциклопедии: [Электрон. ресурс]. - [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru) [18.06.2009]

Электронный статистический словарь: [Электрон. ресурс]. - [www.statsoft.ru/home/textbook/glossary](http://www.statsoft.ru/home/textbook/glossary) [18.06.2009]

Многообразие существующих форм периодизаций отчасти связано с тем, что до недавнего времени не было единой теоретической схемы периодизаций. Системный классификационный анализ позволяет устранить варьирование периодизаций по субъективным предпочтениям. Одной из важнейших особенностей системной периодизации является наличие параллельных рядов периодизации, различающихся число периодов (диадная, триадная и пентадная периодизации). Если их не различать, то легко смешать элементы разных периодизаций, пытаясь построить однолинейную схему периодизации. Чтобы избежать такого смешения следует учитывать существование независимых процессов, влияющих на формирование исторических периодов [Гражданников, Холюшкин, 1990: 95].

Приведем еще один классификационный фрагмент «Формационная история» (рис.1).

Формационная история (с1')					
История Востока			История Запада		
История культуры		История государств		История партий	
История восточных культур	История западных культур	История восточных государств	История западных государств	История восточных партий	История западных партий
Периодизация истории					
Первобытная история	Древняя история	Средневековая история	История нового времени	История новейшего времени	

Рис.1. Классификационный фрагмент «Формационная история» [Гражданников, Холюшкин, 1990: 93-101].

Первый процесс – пространственный. В антропогенезе он связан с расширением ареала расселения предковых форм человечества с Юга (Африки) на Север (Азия и Европа). В формационной истории различаются «История Востока» (Африка и Азия) и «История Запада» (Европа и Северная Америка). Эти две истории параллельны друг другу и начинаются сразу после социогенетической революции, в результате которой возникло общество, в котором действует закон смены общественно-экономических формаций [Гражданников, Холюшкин, 1990: 98-99].

Возможность выделения этих двух историй связана с существованием исторической закономерности, заключающейся в том, что на протяжении истории имеет место перемещение центра политической активности с Юга на Север и с Востока на Запад.

Первая закономерность была отмечена еще в XIX в. П. Мужелем [Мечников, 1899: 68].

П. Мужелем был сформулирован «Закон высоты», согласно которому наиболее крупные поселения и города основываются со временем на все меньших и меньших высотах. Ему же принадлежат и подобные представления об исторических тенденциях движения цивилизаций на запад, на восток или на север [Сорокин, 1996: 372-392].

В древности центр политической активности находился в Двуречье, Египте Индии, Китае. Так, Карл Ясперс, в отличие от Тойнби предпочел различать историю как историю культуры, обозреваемую на протяжении примерно 5000 лет, когда «почти одновременно в трех областях земного шара возникают древнейшие культуры.

Это, во-первых, шумеро-вавилонская и египетская культуры, во-вторых, доарийская культура долины Инда третьего тысячелетия (связанная с Шумером), в-третьих, смутно сквозящий в воспоминаниях, оставивший скудные следы архаический мир Китая второго тысячелетия до н.э. (и, вероятно, еще более ранний)» [Ясперс, 1991: 70]. Эти цивилизации возникали в долинах крупных рек, где возможны были системы орошаемого земледелия. Засоление или затопление орошаемых земель иной раз было причиной гибели локальных цивилизаций.

Затем центр политической активности переместился на Запад (Древняя Греция и Рим), где возникшие цивилизации функционировали на базе транспортной системы Средиземного моря.



В средние века центр некоторое время охватывал и Восток (Арабский халифат) и Запад (Крестовые походы), а в новое время находился на западе (Нидерланды, Англия, Франция, Германия). Этот регион вырвался вперед, подчинив себе большую часть мира (колониальные империи – Испанская, Британская, Французская). Однако к концу индустриальной эпохи западная цивилизация во многом теряет свои авангардные позиции.

В новейшее время одним из центров политической активности были США, которые после второй мировой войны вступили в число мировых лидеров, стали сверхдержавой.

В середине XX века, ценой неимоверных жертв и усилий, Россия (СССР) также стала мировым лидером (супердержавой) в военно-технической и космической сферах (при отставании в сферах, связанных с потребительским рынком) [Гражданников, Холюшкин, 1990: 99].

В конце XX в. глубочайший кризис и центробежные тенденции отбросили Россию во второй эшелон исторического прогресса.

Имеются опасения, что если это отставание, в перспективе, будет нарастать, страна надолго может оказаться на периферии мирового прогресса [Яковец, 1999].

Обе отмеченные закономерности перемещения центров носят приблизительный характер, и для их выявления и понимания следует использовать историометрический метод, основанный на квантификации и математическом моделировании исторического процесса.

В качестве тройной группы приведены: культура, государство и партия – это три основных способа воздействия людей друг на друга, отражающих последовательное усложнение общественных связей. Переход от культуры к государству и к партии обуславливает повышение интенсивности политической жизни и ускорение истории.

Диадно-триадные периоды предполагают, что есть хронологическое перекрывание между историей восточных и западных культур (государств, партий).

Пятиэлементная периодизация формационной истории соответствует стадиям лидерства последовательно сменяющих друг друга общественно-экономических формаций. После стадии лидерства каждая формация не прекращает своего существования, а проявляется в форме уклада, т.е. как часть общества, подчиненная лидерной формации. Следует иметь в виду, что пятиэлементная периодизация относится только к странам-лидерам, т.е. к странам, образующим лидерную цепочку, звенья которой соответствуют перемещению центров политической активности [Гражданников, Холюшкин, 1990: 100].

Именно против такого деления выступил Л.С.Клейн в своей рецензии на нашу работу [Клейн, 2005: 449]. Тем самым Л.С.Клейн присоединился, к «творческим марксистам», которые воспринимали пятичленную схему как главный ошибочный конструкт марксистской теории и именно против нее были направлены их основные критические высказывания. После развала СССР мало кто из бывших «интерпретаторов партийных документов» решается открыто считать себя сторонником формационной методологии.

Подвергая критике, приведенные выше пентадные построения, Л.С. Клейн задает вопрос: а почему тогда не разделить (оснований гораздо больше) «первобытную» историю на «первобытную» и «первобытнейшую»?... Можно еще выделить и «самоновейшую» – современную, текущую историю [Клейн, 2005: 449].

В связи с этим можно отметить характерные особенности Л.С.Клейна в попытках своей аргументации: *«Если на какой-то вопрос у Клейна не выработалось четкой позиции, то он приводит разные точки зрения. Но если у него уже состоялось выраженное пристрастие, то и аргументы он будет приводить однобоко, элиминируя или преуменьшая значение противоположных фактов и гипотез. Тут мы имеем научный подход только по форме, а по содержанию отсутствует стремление узнать истину, но присутствует стремление поддержать собственную точку зрения, не слишком заботясь об обоснованности последней. Поэтому читателю... следует учесть присущую автору некоторую логическую нечистоплотность»* [[http://mivmiv.narod.ru/Things/r\\_klein.doc](http://mivmiv.narod.ru/Things/r_klein.doc)].

Именно поэтому Л.С.Клейн не замечает того, что «Каждое понятие может давать начало фрагменту более низкого яруса, для которого оно служит фоновым понятием, т.е. данный фрагмент охватывает площадку данного понятия, располагаясь под ней. Таким образом, геометрической моделью всеобщей периодической системы может служить трехмерное классификационное пространство, осями которого служат позиционная, ранговая и ярусная координаты» [Гражданников, Холюшкин, 1990: 23].

Таким образом, критик пятичленной схемы не учитывает фрактального принципа вложенности («матрешек») и Закона перманентности, которые лежат в основе данной схемы.

Следует отметить, что Л.С.Клейн в своих воззрениях не одинок. Так с 90-х годов XX в. и до настоящего времени в исторической науке наблюдается явный кризис методологии, мировоззрения, методов исторического исследования. В первую очередь – это период, когда прежняя парадигма (марксистская платформа, формационный подход) якобы не выдержала проверки временем и появились более серьезные конкуренты: цивилизационный и модернизационный подходы.

Так известный идеолог пятичленной схемы востоковед И.Я. Дьяконов в своей монографии [1994] выделил восемь основных линейных фаз исторического развития: первобытную, первобытнообщинную, раннюю древнюю, имперскую древность, средневековье, абсолютистское постсредневековье, капитализм, посткапитализм. В первом томе «Истории древнего Востока», написанном в прошлом сторонниками концепции И. М. Дьяконова, также чувствуется влияние постсоциалистического времени. Авторы предпочитают писать о «древности» как об особой стадии, но они уже не держатся жестко за рабовладение как за основной уклад [Якобсон 1997].

Большинству «отказников» исторический процесс по-прежнему представлялся в форме линейного однонаправленного развития общественно-экономических формаций. Кроме того апологетов «творческого марксизма» следует связывать с концепцией азиатского способа производства. Они придавали большое значение концепции азиатского способа производства для понимания природы социализма и истории России в целом [Шафаревич 1977; Васильев 1989].

Наш подход позволяет производить дальнейшее деление периодизации первобытной, древней, средневековой, новой и новейшей истории и выделить восходящую и нисходящую стадии на каждом этапе развития. Период от зарождения какой-либо общественно-исторической системы до ее гибели (или радикального преобразования) является ее жизненным циклом. Его анатомия, внутренняя структура включает ряд последовательно сменяющих друг друга фаз: зарождение в недрах старой системы, внутреннее, латентное развитие; рождение, утверждение в процессе революционного переворота, в борьбе с уходящей, отживающей системой; распространение, превращение в преобладающую, господствующую систему; зрелость, когда в полной мере проявляются присущие данной системе черты; дряхление, нарастание противоречий, вступление в кризис, в противоборство с уже родившейся и борющейся за свое «место под историческим солнцем» следующей системой; наконец, длительная фаза отмирания, реликтового существования в виде отдельных трансформированных осколков на периферии утверждающейся новой системы. Речь идет о типичной схеме, которая в отдельных случаях может модифицироваться и деформироваться [Яковец, 1999: 230-241, 252-261].

Таким образом, основными признаками нисходящей стадии является обострение социальных противоречий. В первобытной истории такие стадии не выделяются, но выделяются две стадии первобытной общины: раннепервобытная (верхний палеолит и мезолит) и позднепервобытная (неолит). Позднепервобытная община отличается от ранней первобытной появлением элементов социальной и имущественной дифференциации [Гражданников, Холюшкин, 1990: 103].

Данное построение может быть сопоставимо с цивилизационной концепцией О.Шпенглера, суть наблюдений которого может быть выражена в том, что любое общество (культура или цивилизация) проходит путь от рождения – до смерти [Шпенглер, 2000].

Принцип вложенности предполагает, а это подтверждается на обширном фактическом материале, что рабство и крепостничество встречаются, и тесно переплетаются как в древности, так и в средние века [Романчук, 2005: 410-411].

Начиная с XIX в. до настоящего времени в западной науке существует мнение о формировании в античном обществе феномена, аналогичного европейскому капитализму. Процессы капитализации шли в так называемых «торговых обществах». На Ближнем Востоке также наблюдаются аналогичные явления. Дальше всего зашедшие в Нововавилонском царстве [Белявский, 1971; Романчук, 2005: 434].

Что еще примечательнее. Оказывается капитализм и наемный труд – отнюдь не синонимы. Более того, согласно собранным Марксом материалам в «Капитале»: капитализм начал с рабочих домов и «законов о бродяжничестве». «Эдуард VI в 1547 году – первый же год своего царствования – издает закон, по которому всякий уклоняющийся от работы отдается в рабство тому лицу, которое донесет на него, как на праздничного. Хозяин должен предоставлять своему рабу хлеб и воду, похлебку и мясные отбросы, какие ему заблагорассудится. Он имеет право порки и заковывания в кандалы принуждать его ко всякой работе, как бы она отвратительна ни была. Если раб самовольно отлучается ... то он осуждается на пожизненное рабство и на его лоб... кладут клеймо; если же он убегает в третий раз, то его казнят как государственного

преступника. Хозяин может продать его, завещать его по наследству, отдать в наймы...» [цит. По Романчук, 2005: 413].

Негритянский раб-эмигрант в Северной Америке оказался ущемленным вдвойне: через узаконенное рабство и через расовую дискриминацию... Страдания негров-рабов, поработанных западным миром, возможно, намного превосходили страдания рабов Рима. Ужасы делосского рынка рабов во II в. до н.э. вряд ли могут сравниться с трансатлантической торговлей рабами в XVIII в. [Тойнби, 2004: 176-177].

В работах многих исследователей признавалось, что социалистические государства существовали как в Древнем мире, так и в Средневековье. В качестве классических примеров ученые приводили Египет времен Древнего царства и Шумер конца III тысячелетия до н.э. – это были общества с весьма сложной и совершенной организацией государственного хозяйства. В Шумере огромные государственно-храмовые хозяйства владели почти всей землей; крестьяне работали в составе «рабочих отрядов» и получали за работу продуктовые пайки [Шарашенидзе, 1986]. Однако с течением времени в государствах древности происходил переход от крупных государственных хозяйств к обработке земли индивидуальными арендаторами – что, впрочем, не меняло существа социальной системы. В Египте государства «социалистического» типа сменяли друг друга до времен Птолемеев (305-30 годы до н.э.). Крупнейший исследователь эпохи эллинизма Ростовцев описывал Египет эпохи Птолемеев как «просвещенную социалистическую монархию», обладавшую развитой плановой экономикой. Египетские крестьяне хозяйствовали на выделенных им государством (и регулярно переделываемых) землях, они получали от государственных управляющих высококачественное семенное зерно и производили работы в соответствии с разработанным агрономами «посевным расписанием». Весь собранный урожай свозился на государственные токи, где проверялось качество зерна, после этого крестьянину передавалась положенная ему доля [Алексеев, Нефедов, 2002: 66].

Известный марксист К. Каутский посвятил много лет жизни доказательству того, что корни идеи социализма – в древности, что ее истинными создателями были еще Платон и Иисус Христос [Каутский, 1924]. В своем фундаментальном труде «Происхождение христианства» он внимательно разобрал возражения, которые приводились в противовес идее о существовании социализма в раннехристианской общине, и признал их «рядом недоразумений, отговорок и построений, не имеющих никакой опоры в действительности» [Каутский, 1930: 286]. Нельзя не признать, что в его рассуждениях есть доля истины: известно, что первые последователи Христа жили социалистическими коммунами. «Все же верующие были вместе, – говорится в «Деяниях апостолов», – имели все общее: и продавали имения и всякую собственность и разделяли всем, смотря по нужде каждого» [Деян., 2, 44-45 цит. по Алексеев, Нефедов, 2002: 66]. Очевидно, что истоки социалистической идеологии, ценностей уравнительности, коллективизма, централизованного распределения берут начало в глубине веков. Ее влияние на государственное устройство и социальную организацию можно обнаружить еще в древности [Деян., 2, 44-45 цит. по Алексеев, Нефедов, 2002: 66].

Признаки рабовладения наблюдались в СССР и РФ (ГУЛАГ, случаи превращения бомжей и военнопленных в рабов во время последней кавказской войны в Чечне), феодализма (колхозное крестьянство, лишенное паспортов), капитализма (НЭП).

В результате некоторые историки, в частности В.П. Илюшечкин, пришли к выводу, что деление истории на известные исторические эпохи – всего лишь фикция, обусловленная горой условностей [Романчук, 2005: 410-411].

Согласно немецкому философу К. Ясперсу подобное истолкование закономерного и необходимого процесса отмечено стремлением соблазнить нас обманчивым знанием. «Очевидный обман заключается в том, что постижимые связи ошибочно понимают как каузальную необходимость. Но они суть только идеально-типические конструкции, относительно которых всегда следует спрашивать, насколько отвечает действительность этим в себе очевидным понятиям. Допускающие выявление исторические причинные связи всегда частны, многообразны и никогда не определяют события в целом. Забывают случайность в событиях, не допускающим ни предвидения, ни последующего постижения» [Ясперс, 1991].

На самом деле история полициклична: друг на друга накладываются, взаимодействуя, исторические циклы разной глубины и длительности. Каждый исторический цикл имеет свою траекторию движения; но одновременно он несет на себе отпечаток циклов других временных горизонтов. Поэтому все попытки отвергнуть пятичленную классификацию общественно-экономических формаций несостоятельны.

В настоящее время появилось достаточно много работ, в которых делаются попытки выявления количественных закономерностей в истории.

Так, во *временном* аспекте по длительности (и глубине преобразований) Ю.В. Яковец различает следующие исторические циклы:

1. **Краткосрочные** циклы охватывают несколько лет на том или ином витке исторического прогресса, не меняя существенно судьбу страны, народа, мира.

2. **Среднесрочные** (10-20 лет) циклы связаны со сменой периодов активной деятельности поколений людей, обновлением поколений машин, переменами в политическом строе, формированием и развитием международных союзов и т.п. Каждое поколение политиков, бизнесменов, ученых приходит со своим видением мира, своими концепциями, стремлениями утвердить свои идеалы, оставить следующему поколению нечто существенное; поэтому перемены глубже, чем при краткосрочных циклах, однако генотип народа, а тем паче человечества скольконибудь существенно не меняется.

Уникальное исследование *среднесрочных исторических циклов* было предпринято выдающимся русским ученым А.Л. Чижевским. В книге, опубликованной в 1924 г. [Чижевский, 1924], он подводит итоги статистического исследования истории более 50 государств и народов всех континентов за период с 500 г. до н.э. до 1914 г. (за 2414 лет). За единицу отсчета были приняты массовые события, имеющие историческое значение, две их точки: год начала и высшая точка напряжения. Исследование позволило обнаружить циклические колебания числа массовых событий (историометрические циклы) со средним периодом 11 лет: «В каждом столетии всеобщий цикл исторических событий повторяется ровно 9, раз... Можно считать, что каждый цикл всеобщей исторической, военной или общественной деятельности человечества равен, в среднем арифметическом, 11 годам» [Чижевский, 1924: 27]. При этом четко выделяется четыре периода в структуре цикла; на период минимальной возбудимости (3 года) приходится в среднем 5% исторических событий, на период нарастания возбудимости (2 года) - 20%, на период максимальной возбудимости (3 года) - 60%, на период падения возбудимости (3 года) - 15% [Чижевский, 1924: 29].

Открытую им закономерность исторического процесса А.Л. Чижевский предлагал использовать в практической деятельности политиков и государств, для предвидения будущего. Он показал пример такого использования: «В 1927-1929 гг. следует предполагать наступление максимума солнцедетельности... по всему вероятно, в эти годы произойдут, вследствие наличия факторов социально-политического порядка, крупные исторические события, которые снова видоизменяют географическую карту» [Чижевский, 1924: 69]. Теперь мы знаем, что в конце этого периода разразился мировой экономический кризис.

3. **Долгосрочные**, полувековые (если говорить о современной эпохе) исторические циклы совпадают с Кондратьевскими «длинными волнами» в экономическом и технологическом развитии и связаны с качественными сдвигами в глубинных пластах жизни общества, переходом к новому технологическому укладу, переменами в экономической, социальной, политической жизни, вступлением цивилизации в очередной этап своего развития.

Наличие факта волнообразного характера исторических процессов было установлено В.И. Лениным [Ленин. Т.19: 393]. О законе волнообразной динамики писал Питирим Сорокин [Сорокин, 1996: 372-392]. Подъемы и спады в истории отмечают многие авторы.

Например, Дж. Бернал писал: «бурный подъем технического новаторства, возникший вместе с началом городской жизни на огромных речных долинах Месопотамии, Египта, Индии и Китая, длился не более нескольких столетий, приблизительно с 3200 годов до н.э. по 2700 годы до н.э. За ним последовал относительно длительный период культурного и политического застоя» [Бернал, 1956: 82]. Волнообразный характер присущ и антропогенезу [Урысон, 1976: 92-101].

Кроме указанного закона смены общественно-экономических формаций и факта волнообразного характера исторических процессов существует закон ускорения истории.

Закон ускорения истории общества открыт Ф. Энгельсом, который сравнивал развитие этого процесса «со свободной, от руки начерченной спиралью, изгибы которой отнюдь не отличаются слишком большой точностью. Медленно начинает история свой бег от невидимой точки, вяло совершая вокруг нее свои обороты, но круги ее все растут, все быстрее и живее становится полет, наконец, она мчится, подобно пылающей комете, от звезды к звезде, часто касаясь старых путей, часто пересекая их, и с каждым оборотом все больше приближается к бесконечности» [Маркс, Энгельс, 1956: 353-354].

Из современных историков на ускорение истории указывали А. Тойнби [2004] и Б.Ф. Поршнев [Поршнев, 1961].

Указанные выше три закона могут быть выражены многоуровневой геометрической прогрессией [Гражданников, Холюшкин, 1990]. Расчет дат, выполненный авторами указанных выше публикаций по периодизации антропогенеза, проводился по алгоритму многоуровневой геометрической прогрессии и показал, что для пентадных периодов имеет место геометрическая прогрессия с показателем 0.3. Т.е. каждый последующий период короче предыдущего в 3.3 раза [Гражданников, Холюшкин, 1990: 25]. Для диадно-триадных, триадных и диадных периодов продолжительности периодов были определены на основе предположения о пропорциональности их координат по горизонтальной оси порядковому номеру пентадных периодов. Практически получается несколько рядов из геометрических прогрессий с одинаковым началом и концом.

Решая аналогичную задачу, Ю.Л. Щапова в своих построениях использовала ряд Фибоначчи, в котором каждый последующий элемент равен сумме двух предыдущих:

1..1..2..3..5..8...13..21...

С математической точки зрения этот ряд занимает промежуточное положение по скорости изменения между линейной функцией и квадратичной параболой.

В своей публикации Ю.Л. Щапова утверждала, что продолжительность каждого следующего периода пра – и протоистории короче предыдущего в 1.6. раза. И этот показатель – возможный коэффициент ускорения развития человечества, который соответствует золотому сечению [Щапова, 2006: 469]. Те совпадения, которые нашла Ю.Л. Щапова, объясняются тем, что закономерности в длинах периодов пра- протоистории и истории существуют.

Предложенная Ю.Л. Щаповой модель, по ее мнению, демонстрирует то, что каждая эволюционная линия самостоятельна, и синхронные процессы могут быть сходными и совместимыми (одинаковыми по строению), оставаясь вне родства и корреляционной связи между собой [Щапова, 2006: 470].

### Литература

- Алексеев В.В, Нефедов С.А. Гибель Советского Союза в контексте истории социализма// *Общественные науки и современность* № 6, 2002: 66-77.
- Белявский В.А. Вавилон легендарный и Вавилон исторический. – М.,1971
- Бернал Дж. Наука в истории общества. – М., 1956.
- Васильев Л.С. Изучение Востока и проблемы перестройки // *Народы Азии и Африки*. №3, 1989: 49–66.
- Гражданников Е.Д., Холюшкин Ю.П. Системная классификация социологических и археологических понятий. – Новосибирск: Наука, 1990: 180 с.
- Дьяконов И.М. *Пути истории: от древнейшего человека до наших дней*. – М.: Восточная литература, 1994.
- Каутский К. Предшественники новейшего социализма. Т. 1. М, 1924/
- Клейн Л.С. Работы по классификации и типологии в отечественной археологии на рубеже тысячелетий. Запоздалая рецензия // *Дискурс цивилизаций. Stratum-plus 2003-2004*. N2: – СПб; Кишинев; Одесса, 2005б: 439-450.
- Ленин В.И. О статистике стачек в России // Полн. собр. соч. Т.19.
- Мечников Л.И. Цивилизация и великие исторические реки. – Киев, Харьков, 1899.
- Поршнев Б.Ф. Ускорение ритма истории // *Проблемы мира и социализма*. №12, 1961: 76-77.
- Романчук А.А. Время человека: заметки к демографической теории истории// *Stratum-plus 2003-2004*. N2: – СПб; Кишинев; Одесса, 2005б: 439-450.
- Сорокин П.А. Социокультурная динамика и эволюционизм // *Американская социологическая мысль*. – М.- 1996: 372-392.
- Тойнби А. Постигание истории. Избранное. – М., 2004: 638с.
- Урысон М.И. Истоки рода человеческого в свете новейших данных // *Вопросы истории*. №1, 1976.: 92-101.
- Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. – Калуга, 1924.
- Шарашенидзе Дж.М. Формы эксплуатации рабочей силы в государственном хозяйстве Шумера 1-й пол. III тыс. до н.э. Тбилиси, 1986.
- Шафаревич И.Р. *Социализм как мировое явление*. Paris: YMCA-Press, 1977.
- Шпенглер О. Закат Европы. – Минск-Москва, 2000.
- Щапова Ю.Л. Пра – и протоистория человечества: моделирование процесса // *Современные проблемы археологии России*. Том II. – Новосибирск, 2006.
- Энгельс Ф. Диалектика природы. – М., 1956.
- Якобсон В.А. (Ред.). *История Востока*. Т.1: *Восток в древности*. М.: Восточная литература, 1997.
- Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. – М., 1999: 230-241, 252-261.
- Ясперс К. Смысл и постижение истории (Серия «Мыслители XX века»). – М., 1991.