

МЕТОДИКА

УДК 612.83/.83 + 612.821.6 + 681.142.1

© 1995 г. БУДАЕВ С. В.

EXPR: ПРОСТАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

В статье дан краткий обзор существующих методов этологической регистрации поведения животных, а также описывается компьютерная система EXPR, предназначенная для этой цели.

При исследовании различных аспектов поведения животных требуется применение объективных методов регистрации различных видов активности. Это особенно актуально при изучении быстротекущих процессов социального взаимодействия особей.

В настоящее время известно большое количество методов, предназначенных для этой цели [5, 11, 17 и др.]. В большинстве случаев исследователь разбивает весь комплекс поведения на отдельные элементы, которые могут представлять либо дискретные «события», продолжительность которых не учитывается, либо так называемые «состояния», длительность которых представляет для исследователя интерес. Принципиальное значение имеет и то, являются ли они взаимоисключающими (например, неподвижность и перемещение) или неисключающими [5, 15]. Очевидно, что их выделение является искусственным методическим приемом — в действительности поведение можно поделить на множество элементов, что зависит как от уровня анализа, так и от задач исследования [7, 16, 17]. Весьма часто используется так называемый метод фокальной выборки, при котором в течение определенного времени ведут наблюдение за отдельно выбранной особью и регистрируют последовательность всех выбранных элементов поведения [5, 11]. Исследователь получает своего рода протокол ее индивидуального поведения. Реже регистрируют поведение одновременно нескольких животных — так называемый метод «полной регистрации» [17].

В ходе дальнейшей обработки данных вычисляют средние длительности отдельных актов поведения, их суммарные частоты, продолжительности (бюджет активности), матрицы взаимопереводов и другие показатели. Если необходимо, проводят и более углубленный анализ с помощью известных методов. Большие возможности для этого предоставляет, например, отечественный пакет «САНИ» (ТП СТАТ-ДИАЛОГ).

Для регистрации последовательностей событий раньше использовали специальные многоканальные регистраторы, записывающие показатели на бумажную ленту. Среди подобных приборов можно указать, например, отечественные: индикатор отметчиков времени Н-358 и прибор «Этограф» [3]. Известны также регистрирующие системы, записывающие данные на перфоленту [4, 19] или магнитную ленту [1]. В последние годы распространение получили специализированные программы для персональных компьютеров и даже для программируемых микрокалькуляторов [12].

Наиболее совершенной системой регистрации событий является в настоящем

время пакет «The Observer», созданный в Нидерландах (Нолдус Информейшн Текнолоджи). Он позволяет регистрировать как взаимно исключающие, так и неисключающие события и состояния, а также «модификаторы», независимые переменные и комментарии. Пакет снабжен программой, позволяющей проводить элементарный анализ данных. Кроме этого, особый модуль способен генерировать специализированные программы для машин, несовместимых с IBM. Известна американская программа TimeLog (Университет шт. Айова), регистрирующая взаимно неисключающие события-состояния. Были опубликованы также простые распечатки листингов на языке БЕЙСИК [8, 18, 20].

По мнению ряда исследователей [13, 18], компьютерные регистраторы событий должны обладать следующими качествами: быть достаточно гибкими, применимыми к самым различным видам компьютеров, а также к широкому кругу экспериментов; должны иметь дружественный интерфейс и не требовать от пользователя специальных знаний по программированию; должны быть достаточно устойчивы против ошибок, в том числе и от случайных отказов электропитания; данные должны храниться в формате, совместимом с распространенными пакетами анализа данных. Кроме того, П. Мартин и П. Бэтсон [11] считают необходимым, чтобы программа была способна зарегистрировать не менее 4000 событий за один сеанс.

Большинство программ-регистраторов поведения сохраняют полученные данные в свободном формате в виде простого текстового файла. Для проведения дальнейшего анализа их необходимо импортировать, что не всегда легко осуществимо. Кроме того, текстовые файлы занимают на диске несколько больше места, чем файлы данных в машинном формате. Достоинства использования текстовых файлов — легкость просмотра, редактирования и распечатки данных — справедливы и для файлов, созданных базами данных и пакетами прикладной статистики.

Таким образом, при проектировании систем регистрации событий для анализа поведения было бы желательно предусматривать возможность прямого сохранения формализованных данных в файлы, созданные базами данных или статистическими пакетами. Целью нашей работы поэтому являлась разработка простой и доступной компьютерной системы для этологической регистрации поведения животных, совместимой с пакетом статистической обработки данных.

• ОПИСАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ EXPR

Нами была разработана система EXPR для регистрации и анализа последовательностей элементов поведения животных. Ее основными особенностями являются: а) хранение данных в формате пакета статистической обработки данных CSS («Статсофт»); б) возможность одновременной регистрации поведения нескольких особей, что особенно существенно при анализе социальных взаимодействий.

Основу системы составляет программа EXPR_SEQ, предназначенная для регистрации последовательностей элементов поведения. Регистрация осуществляется путем нажатия на определенные клавиши компьютера, каждая из которых кодирует некоторый элемент поведения. При этом наблюдателю нет необходимости держать клавишу нажатой в течение всего времени его демонстрации особью, что может быть существенно, если отдельные элементы имеют значительную продолжительность. Предусмотрена возможность коррекции ошибочно нажатой клавиши. Результатом работы программы является последовательность кодов элементов поведения, а также продолжительность каждого из них. Одна из особенностей системы — возможность «разрешения» или «запрещения» последовательных нажатий на одну и ту же клавишу. Элементы считаются «состояниями», а не «событиями», причем взаимоисключающими. В то же время после простой обработки данные могут быть приведены к любой форме. Кроме этого в программе предусмотрены также три независимых дискретных счетчика нажатий на функциональные клавиши для каждого элементарного акта,

```

\BEP
\NAME ***** АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ *****
\CSS a:\data.css
\RUNS 3
 1 2
 1 2
 1 2

\REPEAT : Разрешает последовательные нажатия на одну
          ; и ту же клавишу

\COUNTS   ; Три дискретных счетчика
 3 4 5
 6 7 8
 9 10 11
\ELEMENTS 5
  а 1 первая особь демонстрирует А
  б 2 первая особь демонстрирует В
  А 3 вторая особь демонстрирует А
  В 4 вторая особь демонстрирует В
SPACE -9999 При нажатии на пробел - перерыв

\END 600 SOUND           ; Продолжительность
                           ; наблюдения 10 минут, после
                           ; чего следует сигнал

```

Рис. 1. Пример файла установки параметров для анализа поведения двух особей

которые, например, могут служить указателями отдельных фрагментов поведения, а также для регистрации двигательной активности (подсчета количества пересечений координатной сетки), частоты дыхательных движений и т. д. В один файл данных могут быть сохранены результаты наблюдения за одной или несколькими особями. В течение одного сеанса работы данные могут быть сохранены как в один файл, так и в несколько разных файлов. Максимальное количество регистрируемых элементов поведения 145, причем пользователь может зарезервировать для использования любые клавиши или комбинации алфавитных и цифровых клавиш с клавишами Shift, Ctrl и Alt.

Достоинством программы является возможность генерации «статусного» файла, что обеспечивает продолжение регистрации поведения с того места в файле данных, на котором она была прервана в предыдущий сеанс.

Измерения времени производятся с точностью до 0,1 с, что вполне достаточно для визуальной регистрации поведения. Миллисекундный таймер, предусмотренный, например, в программе TimeLog, в подавляющем большинстве случаев не является необходимым [14].

В процессе работы данные постоянно сохраняются на диск, что гарантирует от потерь при случайном сбое электропитания. Размер файла данных может быть как угодно большим и определяется только размерами свободного места на диске.

Перед работой с программой необходимо создать особый текстовый файл с использованием специальной нотации, содержащий информацию о порядке регистрации в конкретном эксперименте (см. рис. 1). Таким образом достигается необходимая гибкость системы. В этом файле указывают: имена файлов для сохранения получаемых данных, определяют элементы поведения (клавиши, коды и описания клавиш, появляющиеся на экране монитора), устанавливают номера переменных, в которые будут сохраняться значения и т. д.

Достоинство программы EXPR_SEQ — возможность одновременной регистрации поведения нескольких особей. При этом исследователь должен закодировать элементы поведения для каждой особи отдельно, а при регистрации отмечать нажатием соответствующей клавиши начало определенного поведенческого акта. Таким образом возможна регистрация и элементов поведения, принадлежащих к взаимно исключающим друг друга группам; например исследователь

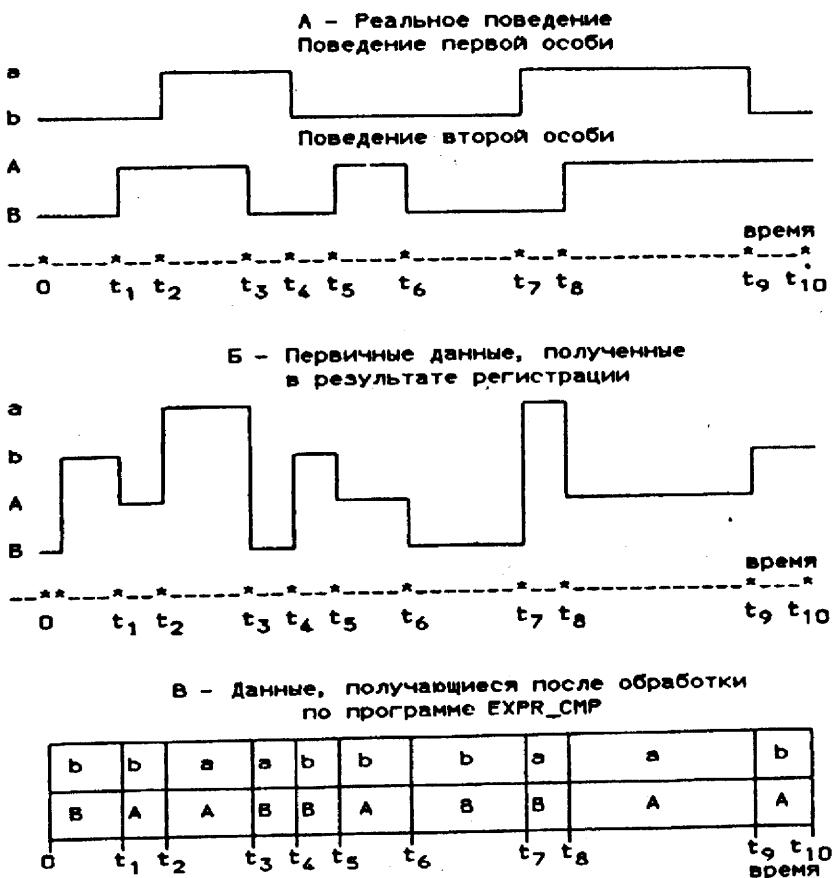


Рис. 2. Пример регистрации поведения двух особей

может регистрировать различные элементы социального поведения особи (первая группа регистрируемых элементов), а также ее местонахождение (вторая группа регистрируемых элементов). Дальнейшая обработка осуществляется с помощью специальных утилит.

Так, утилита EXPR_SNG позволяет восстановить индивидуальные последовательности поведенческих актов для каждой из особей, а EXPR_CMR выделяет последовательности комбинаций одновременно дляящихся элементов поведения разных особей, т. е. последовательность таких состояний, при которых поведение ни одной из них не изменяется. Такая форма расположения данных позволяет напрямую использовать методы анализа параллельных «потоков поведения» [9] с применением стратегии «непрерывной выборки».

Это тем более важно, что использование традиционного в таких случаях метода интервального кодирования оказывается проблематичным из-за того, что вычисляемые статистики зависят от субъективно выбранной продолжительности интервала [6, 9 и др.]. Еще одна утилита — EXPR_BDG — позволяет быстро получить бюджеты активности особей и частоты отдельных элементов поведения.

Для пользователей, у которых нет системы CSS, может быть необходима утилита EXPR_EDT, позволяющая редактировать файлы CSS, а также производить трансформацию данных и их экспорт для обработки с использованием других программ. Редактор может быть вызван непосредственно во время работы с программой EXPR_SEQ.

Важным достоинством описанной компьютерной системы является ее доступность для пользователей в нашей стране. Для сравнения можно сказать, что

А - данные, непосредственно полученные в результате регистрации

код элемента	продолжительность
4	t'
2	$t_1 - t'$
3	$t_2 - t_1$
1	$t_3 - t_2$
4	$t_4 - t_3$
2	$t_5 - t_4$
3	$t_6 - t_5$
4	$t_7 - t_6$
1	$t_8 - t_7$
3	$t_9 - t_8$
2	$t_{10} - t_9$

Б - данные после обработки по программе EXPR_CMR

состо- яние особи 1	состо- яние особи 2	длитель- ность
2	6	t_1
2	3	$t_2 - t_1$
1	3	$t_3 - t_2$
1	6	$t_4 - t_3$
2	6	$t_5 - t_4$
2	3	$t_6 - t_5$
2	6	$t_7 - t_6$
1	4	$t_8 - t_7$
1	3	$t_9 - t_8$
2	3	$t_{10} - t_9$

В - данные после обработки по программе EXPR_SNG

первая особь

код элемента	продолжительность
2	t_2
1	$t_4 - t_2$
2	$t_7 - t_6$
1	$t_9 - t_7$
2	$t_{10} - t_9$

вторая особь

код элемента	продолжительность
4	t_1
3	$t_3 - t_1$
4	$t_5 - t_3$
3	$t_6 - t_5$
4	$t_8 - t_6$
3	$t_{10} - t_8$

Рис. 3. Данные, сохраняемые в CSS файл (пример)

система «Observer» стоит для академических заведений 895 долларов, а для коммерческих еще дороже.

Рассмотрим, как может осуществляться регистрация и анализ социального поведения двух особей, способных демонстрировать, для простоты, два вида активности — А и В. Пример файла установки параметров показан на рис. 1. При этом данные, полученные в процессе регистрации, будут сохраняться в файл а: \data.css; коды элементов поведения в переменной № 1, а их продолжительности — № 2. Продолжительность наблюдения установлена 10 мин.

На рис. 2 показаны последовательные шаги при регистрации и анализе поведения двух особей, а на рис. 3 — форма, в которой данные записываются в файл. В процессе регистрации наблюдатель должен отмечать нажатием клавиш компьютера только момент начала демонстрации каждой из особей соответствующих элементов поведения. Реальная последовательность элементов поведения двух особей (рис. 2, А), способных демонстрировать два элемента, регистрируется так, будто наблюдение производится только за одной особью, демонстрирующей четыре элемента поведения (рис. 2, Б). Эти данные сохраняются в файл а: \data.css в форме, представленной на рис. 3, А. В дальнейшем можно получить последовательности элементов для каждой из них (рис. 2, А и 3, Б) с помощью утилиты EXPR_SNG. А программа EXPR_CMR выдает последовательности комбинаций одновременно дляящихся элементов поведения (состояний) наблюдавшихся особей (рис. 2, В и 3, Б). Аналогичным образом может быть осуществлена регистрация поведения единственной особи, демонстрирующей поведение А и В, и способной перемещаться между двумя камерами экспериментального садка — а и б.

Необходимо отметить, что использование системы EXPR оправдано только

для регистрации поведения, элементы которого могут быть легко и надежно формализованы и квантифицированы, причем регистрация осуществляется методом «фокальной выборки». При необходимости иметь дело с данными, которые не могут быть представлены в таком виде, лучшим решением было бы применение менее строгих методов выборки: *ad libitum*, «сканирование» (*scan sampling*), метода «групповой выборки» (*behaviour sampling*) или «да — нет» [5, 11]. Регистрация поведения в таких случаях проводится с помощью «бумаги и ручки», либо с использованием компьютерных программ-протоколов, например Check sheet Emulator [18] или системы Observer.

Компьютерная система используется в Лаборатории поведения низших позвоночных ИЭМЭЖ РАН около двух лет и за это время показала себя надежной и достаточно удобной. С ее помощью в 1991—1992 гг. проводились исследования по этологетрии фоновых прибрежных рыб Черного моря [2]. Кроме того она используется для исследования репродуктивного поведения и заботы о потомстве у цихловых рыб, а также для изучения поведения рыб в открытом поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вербицкая Е. В., Пошивалов В. П. Микропроцессорная система для регистрации и анализа внутривидового поведения приматов // Журн. высш. нерв. деят. 1987. Т. 37. № 4. С. 788.
2. Мочек А. Д., Будаев С. В. Этологетрия фоновых прибрежных рыб Черного моря // Вопр. ихтиол. 1993. Т. 33. № 2. С. 258.
3. Пошивалов В. П. Этограф — устройство для непрерывной регистрации и статистического анализа свободного группового поведения животных // Журн. высш. нерв. деят. 1977. Т. 27. № 3. С. 665.
4. Пошивалов В. П., Ходько С. Т., Бесов Е. В. Комплекс «Этограф-ЭВМ» для регистрации и статистического анализа свободного группового поведения животных // Журн. высш. нерв. деят. 1979. Т. 29. № 2. С. 420.
5. Altman J. Observational study of behaviour: sampling methods // Behaviour. 1974. V. 49. P. 227.
6. Bakeman R. Untangling streams of behavior: sequential analysis of observation data // Observing Behavior. V. II. Data Collection and Analysis Methods / Ed. G. P. Sackett. Baltimore, London, Tokyo: University Park Press, 1978. P. 63.
7. Benton D. The measurement of aggression in the laboratory // The Biology of Aggression / Ed. P. F. Brain et al. Alphen Aan den Rijn: Sijthoff and Noordhoff, 1981. P. 587.
8. Flowers J. H. Some simple Apple II software for the collection and analysis of observational data // Meth., Instrum., and Comput. Behav. Res. 1982. V. 14. P. 241.
9. Gardner W., Griffin W. A. Methods for the analysis of parallel streams of continuously recorded social behaviors // Psychol. Bull. 1989. V. 105. P. 445.
10. Hendrie C. A., Bennett S. A microcomputer techniques for the detailed behaviour and automatic statistical analysis of animal behavior // Physiol. and Behav. V. 32. P. 865.
11. Martin P., Bateson P. Measuring behaviour. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 200 p.
12. Matalik P. G., Alreja M., Nayar U. Behavioral scoring using programmable calculators: a technique usable in the field // Physiol. and Behav. 1985. V. 35. P. 831.
13. Noldus L. P. J. J., van de Loo E. L. H. M., Timmers P. H. A. Computers in behavioural research // Nature. 1989. V. 341. P. 767.
14. Noldus L. P. J. J. The Observer: a software system for collection and analysis of observational data // Meth., Instrum. and Comput. Behav. Res. 1991. V. 23. P. 415.
15. Sackett G. P. Measurement in observational research // Observing Behavior. V. II. Data Collection and Analysis Methods / Ed. G. P. Sackett. Baltimore, London, Tokyo: University Park Press, 1978. P. 25.
16. Slater P. J. B. Describing sequences of behaviour // Perspectives in Ethology / Ed. P. P. G. Bateson et al. N. Y.: Plenum Press, 1973. V. 1. P. 131.
17. Slater P. J. B. Data Collection // Quantitative ethology / Ed. P. W. Colgan. N. Y.: Wiley, 1978. P. 7.
18. Unwin D. M., Martin P. Recording behaviour using a portable microcomputer // Behaviour. 1987. V. 101. P. 87.
19. White R. E. C. WRATS: a computer compatible system for automatically recording and transferring behavioural data // Behaviour. V. 40. P. 135.
20. Whiten A., Barton R. A. Demise of the checksheet; using off-the-shelf miniature hand-held computers for remote fieldwork applications // Trends in ecology and evolution. 1988. V. 3. P. 146.

Институт эволюционной морфологии
и экологии животных им. А. Н. Северцова,
Москва

Поступила в редакцию
15.IV.1993
Принята в печать
21.IX.1994

**EXPR: A SIMPLE COMPUTER SYSTEM FOR RECORDING
ANIMAL BEHAVIOUR**

BUDAEV S. V.

*Institute of Evolutionary Morphology and Ecology of Animals,
Russian Academy of Sciences, Moscow*

A number of different methods for recording animal behaviour are briefly reviewed and the computer system «EXPR» for the ethological recording of the sequences of behavioural events is described in this article. The main peculiarities of the system are: (a) recorded data are saved to the files created by a data analysis package, (b) it is possible to record simultaneously behaviour of a number of individuals, which is crucial for the analysis of social interactions. The user can specify the options for different recording tasks through the setup file written with using special notation. The program functioning is illustrated by an artificial example.

**Journal of Higher Nervous Activity,
45, No.2, 423-429 (1995)**