

Обнаружение колебательных процессов в сложных системах

Артемьев Эдуард Иосифович
Чебоксары - 2009

Колебания – это движения или процессы, которые характеризуются периодической повторяемостью во времени. Периодические или колебательные явления широко проявляются как физические, биологические, социальные процессы: колебания механического маятника, волны на поверхности воды, дыхание, биение сердца, волновое изменение численности популяций животных, периодические изменения солнечной активности, колебания в экономике.

Практически все замкнутые динамические системы можно охарактеризовать периодической повторяемостью во времени. Все они обнаруживают тенденцию к переходу в периодический режим.

В начале XX века советский ученый Чижевский Александр Леонидович (1897-1964) доказал зависимость биологических и социальных процессов на Земле от периода колебаний солнечной активности, составляющего около 11 лет. Гелиобиология, основанная Чижевским, изучает связи солнечной активности с различными явлениями в биосфере Земли. В рамках такого подхода, волновые процессы, происходящие на Солнце, являются причиной процессов-следствий, протекающих на Земле.

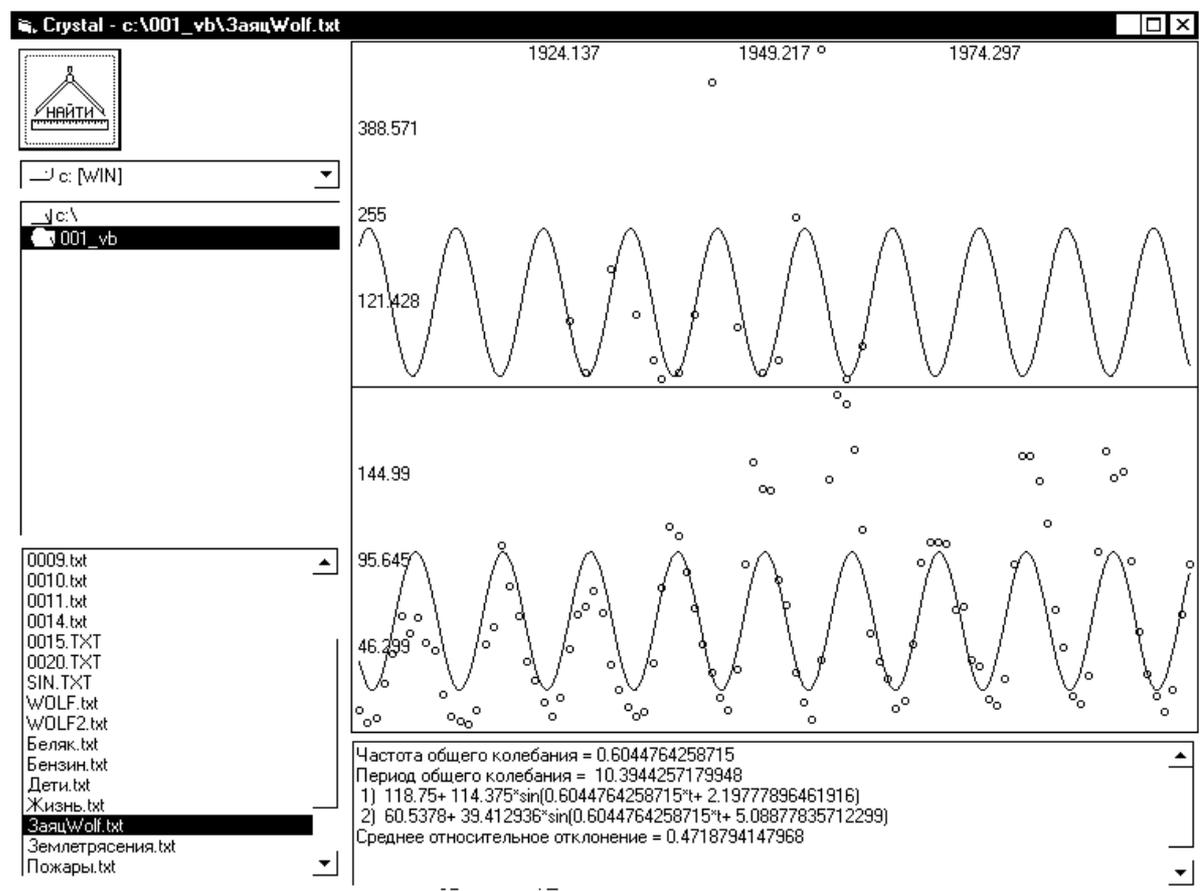


Рис. 1. Отслеживание циклических связей с помощью программы «Кристал 2009». Заготовки зайца-беляка в Якутии (верхняя кривая) и солнечная активность.

Синхронные волны также прослеживаются в модели «хищник-жертва», которая впервые была рассмотрена Вито Вольтерра (1860-1940) для объяснения колебаний уловов больших рыб-хищников и малых рыб-жертв в Адриатическом море. Уловы этих рыб колебались во времени с равными периодами, но отличались по фазе.

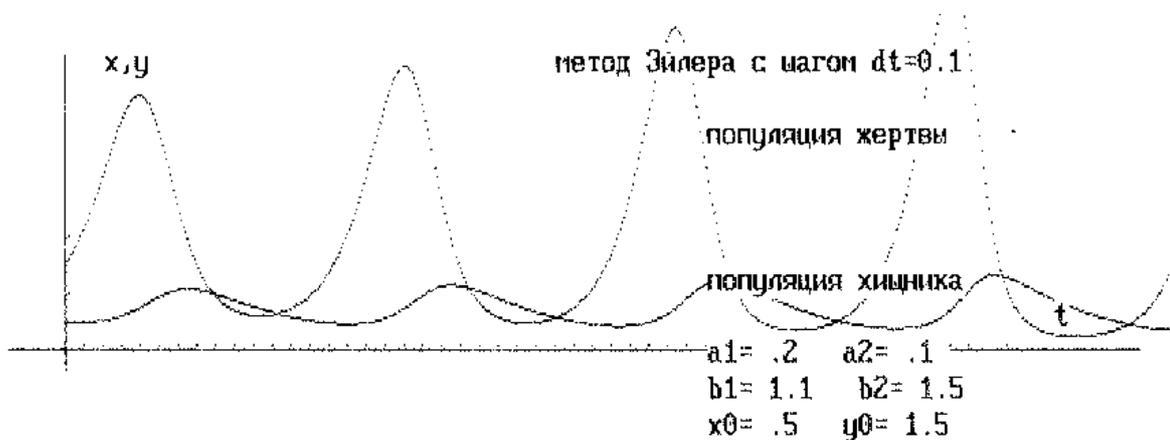


Рис. 2. Диаграмма изменения численности хищников и жертв, полученная с помощью QBasic.

С одной стороны изменение численности рыб-жертв является причинным процессом, влияющим на скорость размножения рыб-хищников. С другой стороны, изменение численности рыб-жертв напрямую зависит и является следствием динамики развития популяции рыб-хищников.

Устранить подобные неопределённости в установлении причинно-следственных связей помогает синергетика. В рамках синергетического подхода для объяснения периодичности сторонние причины не нужны. Сама система после очередного возмущения (скачка, бифуркации) преобразует внешнее воздействие в периодическое движение.

Синергетика исследует организационный фактор, эффект взаимодействия больших систем. Возникновение организационного поведения может быть обусловлено внешними воздействиями (вынужденная организация) или может быть результатом развития собственной (внутренней) неустойчивости системы в системе (самоорганизация).

Для выявления закономерностей, имеющих место в сложных колебательных системах, исследователи могут использовать свободные программы «Кристалл 2007» и «Кристалл 2009», созданные мной. Приведу их краткое описание.

Программа «Кристалл 2007» предназначена для анализа временных рядов путём подбора регрессионной зависимости вида

$$x=A[1]*\sin(B[1]*t+C[1])+...+A[n]*\sin(B[n]*t+C[n]). \quad (1)$$

Программа позволяет отслеживать гармоническую зависимость исследуемой величины x от времени t . В рамках данного подхода считается, что величина x описывает некоторое явление, основанное на наложении n волн (гармоник) с амплитудами $A[i]$, циклическими (круговыми) частотами $B[i]$, фазами колебаний $C[i]$. На рис. 3 представлен экран работы программы, где обрабатываются результаты наблюдений за солнечной активностью. В качестве характеристики активности было взято число Вольфа – количество пятен на Солнце.

Программа «Кристалл 2009» для выявления общих волновых составляющих в двух и более процессах. Этот аппарат позволяет выявлять гармонические связи между различными явлениями и меру тесноты этих связей. Учёному остаётся только выносить вердикт: является ли данная зависимость заслуживающей внимания.

Фактически, для двух величин $x[1]$ и $x[2]$, изменяющихся во времени, программа «Кристалл 2009» находит две приближающие функции вида

$$x[1]=A[1]*\sin(B*t+C[1]) \text{ и } x[2]=A[2]*\sin(B*t+C[2]) \quad (2)$$

которые достаточно близко описывают рассматриваемые величины и имеют общий частотный коэффициент В.

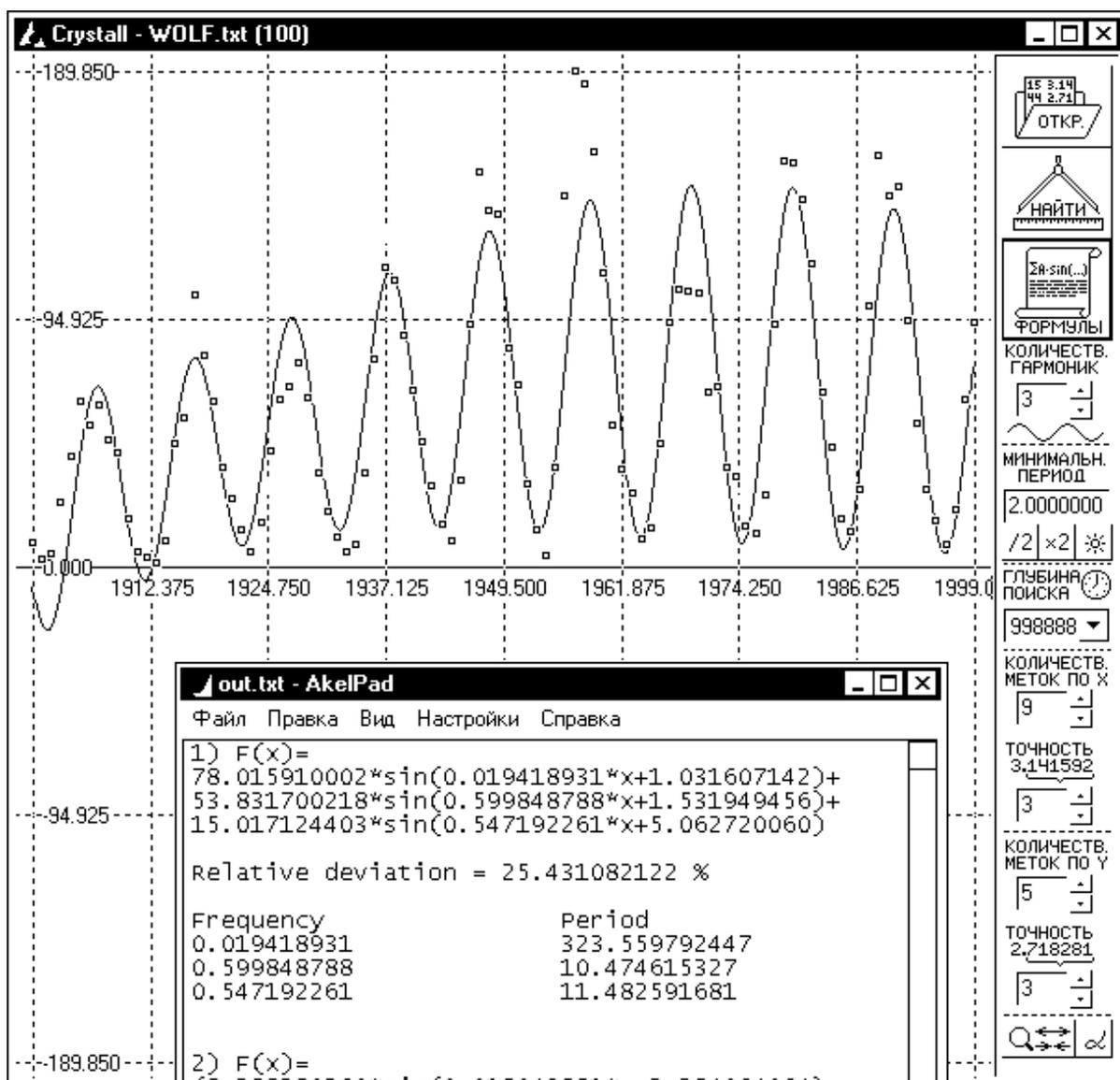


Рис. 3. Экран работы программы «Кристалл 2007». Анализ Солнечной активности.

Обе вышеописанные программы замечательны тем, что в них реализованы сложные комбинированные алгоритмы подбора гармонических уравнений регрессии. Ведь подбор приближающих функций (1) и (2) не поддаётся классическому методу наименьших квадратов. Я искренне надеюсь, что мои программы облегчат труд многих исследователей.

[Программа Crystal 2007. ZIP-архив. 720КБ.](#)



Рис. 4. Артемьев Эдуард Иосифович – автор этой работы.

Построение волновых трендов для нескольких временных рядов

Предлагаемая программа Crystal 2009, позволяет выявлять скрытые циклические связи между различными, на первый взгляд независимыми, процессами. Crystal 2009 нуждается в доработке, слишком уж «нестабильны» результаты её вычислений.

[Программа Crystal 2009. ZIP-архив. 230КБ.](#)