

Применение метода Ломба-Скаргла в нахождении периодограммы активности лабораторных животных

Д.С. Борисов¹, А.В. Благов¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

Аннотация

Данная работа рассматривает применение метода Ломба-Скаргла для определения периодичности численного набора данных, характеризующих локомоторную активность лабораторных животных. Целью исследования является определение влияния тех или иных факторов на циркадианный ритм организма, в частности на изменение его периода. Предложенный в данной работе метод реализован на языке программирования Python.

Ключевые слова

Периодограмма Ломба-Скаргла, анализ данных, анализ временных рядов, циркадианный ритм, Python

1. Введение

Исследование влияния того или иного вещества на локомоторную активность живого существа, разумеется, всегда актуально в научной деятельности различных лабораторий. Подобные эксперименты предоставят ценную информацию об естественной реакции организма на различные возбудители, гормоны и другие неисследованные вещества.

Процедуры анализа циркадианных ритмов являются частью более широкого набора процедур, связанных с анализом временных рядов в целом. Данный анализ информации, полученной в разные моменты времени, широко используется даже теми специалистами, чья работа не связана с биологическими ритмами [1]. Анализируемый набор чисел представляет собой количество поворотов бегового колеса на 45 градусов (одна восьмая полного оборота колеса), за конкретные промежутки времени. В дальнейшем эти повороты будут называться бинами.

2. Периодограмма Ломба-Скаргла

Периодограмма Ломба-Скаргла (названная в честь Ломба (1976) и Скаргла (1982)) является классическим методом поиска периодичности в данных с нерегулярной выборкой. Он во многом аналогичен более знакомой спектральной плотности мощности Фурье (PSD), часто используемой для обнаружения периодичности в регулярно отбираемых данных [2].

Периодограмма Ломба-Скаргла включает в себя вычисление мощности $P(\omega)$ на множестве частот ω_i . Для данных $\{y_k\}$ предварительно центрированных таким образом, что $\sum_k y_k = 0$, выражением для силы является:

$$P(\omega) \cong \frac{|\sum_k y_k \cos \omega(t_k - \tau)|^2}{\sum_k \cos^2 \omega(t_k - \tau)} + \frac{|\sum_k y_k \sin \omega(t_k - \tau)|^2}{\sum_k \sin^2 \omega(t_k - \tau)}$$

где τ - это легко вычисляемое смещение по времени, которое ортогонализует модель и делает $P(\omega)$ независимой от перевода в τ . Стоит заметить, что для любой частоты ω , сила - это вычисление $O(N)$ операций, включающих простые тригонометрические суммы по данным, где N - это число наблюдаемых точек данных [2].

3. Реализации периодограммы на Python

На данный момент доступно несколько реализаций периодограммы Ломба-Скаргла на языке Python в виде библиотек. Рассмотрим подробнее четыре следующие реализации:

- `scipy.signal.lombscargle` - $O(N^2)$ реализация от SciPy;
- `astroML.time_series.lomb_scargle` - $O(N^2)$ реализация от astroML;
- `gatspy.periodic.LombScargle` - $O(N^2)$ реализация от gatspy;
- `gatspy.periodic.LombScargleFast` - $O(N \log N)$ реализация, также от gatspy.

Очевидно, что для нахождения периода циркадианного ритма локомоторной активности живого существа по данным, представленным в виде набора чисел, описывающих повороты бегового колеса, будет идеальным решением воспользоваться алгоритмом быстрого поиска периодичности Ломб-Скаргла от библиотеки gatspy.

4. Заключение

В результате исследования применения метода Ломба-Скаргла был доработан программный комплекс по анализу и обработке данных наблюдений за активностью лабораторных животных [3]. Разработанный анализатор предоставляет возможность определение периода локомоторной активности каждого лабораторного существа с допустимыми погрешностями, используя быстрый алгоритм Ломба-Скаргла.

5. Благодарности

Программа была протестирована на основе данных, предоставленных кафедрой физиологии животных и человека в Самарском национальном исследовательском университете имени академика С. П. Королёва, и предоставляет информацию о проведённом анализе в пределах допустимых погрешностей.

6. Литература

- [1] Refinetti, R. Procedures for numerical analysis of circadian rhythms / R. Refinetti, G. Cornélissen, F. Halberg // Biological rhythm research. – 2007. – Vol. 38(4). – P. 275-325.
- [2] Fast Lomb-Scargle Periodograms in Python // Pythonic Perambulations [Electronic resource]. – Access mode: <https://jakevdp.github.io/blog/2015/06/13/lomb-scargle-in-python/> (17.12.2020).
- [3] Borisov, D.S. Development of tools for processing and analysis of observational data on the activity of laboratory animals / D.S. Borisov, A.V. Blagov, A.N. Inyushkin // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2667. – P. 171-174.