КРИТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В МАЛО МИРОВЫХ СИСТЕМАХ: ПРИМЕНЕНИЕ К ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СЕТЯМ МОЗГА

Гаджиев Б.Р., Прогулова Т.Б., Ухова А.В.

Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
Россия, 141980, г. Дубна Московской области, ул. Университетская, 19,
E-mail: progulova@yahoo.com

В данной работе исследуется проблема нарушения симметрии в системах с мало мировым свойством. Результаты применяются к описанию функциональных сетей мозга.

Исходя из экспериментальных данных, полученных с помощью функциональной магнитно–резонансной томографии (fMRI), были построены функциональные сети мозга. Предполагалось, что две области (вокселя) функционально связаны, если величина временной корреляции их активности превышает некоторое положительное пороговое значение r_c, независимо от их анатомической связи [1]. Мы получили, что распределения степеней функциональных сетей мозга описываются q-экспоненциальным распределением $p(k)\sim[1-(1-q)k^{\alpha}/\kappa_c]^{-\gamma}$, и им присуща структура сообществ. Предложен алгоритм генерации сетей, статистически эквивалентных найденным из анализа экспериментальных данных.

Используя ренормализационный метод, определено, что функциональные сети мозга имеют мультифрактальную структуру. В работе выводится энтропия для мультифрактальной системы, и используя принцип максимума энтропии, определена ее топология в виде q-экспоненциального распределения. Мы построили корреляционные сети, основываясь на 2D модели Изинга с дальними корреляциями при различных температурах, и сравнили их с корреляционной сетью, полученной из fMRI измерений. Вблизи критической температуры статистические свойства этих двух сетей неотличимы друг от друга. Для описания динамики, порождающей пространственно-временные структуры в мозге, мы развиваем теорию типа Ландау [2]. При этом симметрия регулярной подгруппы мало мировой системы описывается дискретной подгруппой группы Галилея. Используя измеренные временные ряды была построена диаграмма Раппа и определено число компонент параметра порядка. После этого мы определяем трансформационные свойства параметра порядка и из условия инвариантности вводим функционал свободной энергии. Показано, что учет присутствия укорачивающих связей приводит к интегро-дифференциальному уравнению для параметра порядка. Для q-экспоненциальных распределений уравнение движение для параметра порядка принимает вид дробно–дифференциального уравнения. В конкретном случае, на примере системы, описываемой двух–компонентным параметром порядка, обсуждаются особенности пространственного распределения решений.

Литература.

1. *Eguiluz V. M., Chialvo D. R., Cecchi G. A., Baliki M., Apkarian A. V.* Scale-free brain functional networks // *Physical Review Letters* Vol. 94, 2005. P. 018102.
2. *Gadjiev B. R.* Phase transition in generalized inhomogeneous 'cubic' systems // *J. Phys.: Conf. Ser.* Vol. 284, 2011/ P. 012026.