

УДК: 004.94 316.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ В СТАЕ

Баженов А.Ю.¹, Игнатъева В.В., Суров И.А.

Научный руководитель –к.ф.-м.н., научный сотрудник Суров И.А.

¹Университет ИТМО

Введение

В настоящее время ведется множество работ, касаемых того, можно ли стаю охарактеризовать как когерентную структуру. Начало данных исследований лежит в работах Уоттса [1] который показал, что реальные сети выходят из состояния полной случайности и могут образовывать довольно большие коэффициенты кластеризации. Дальнейшее исследование реальных сетей Барабаши [2] указали на их основную характеристику, такую как безмасштабность (или масштабная инвариантность), поэтому много сил было потрачено на то, чтобы создать такую сеть, которая бы характеризовалась высокой кластеризацией и масштабной инвариантностью. Одной из таких попыток сделали Холм и Ким [3], которые установили, что в основе динамики сетей лежит кооперация отдельных агентов с ближайшими узлами, при чем динамика отдельного узла характеризуется преобладанием определенного состояния его соседей.

Динамическая сложность любой структуры определяется взаимодействием агентов и тесно связана с процессом фазового перехода. Динамическая сложность сигнализируется постоянными фазовыми переходами от несогласованных краткосрочных решений к глобальному процессу принятия решений, в котором кластер достигает почти консенсуса. Глобальный процесс принятия решений осуществляется внутренним взаимодействием между единицами системы, а не внешним управляющим параметром, таким как температура в физических сетях. В случае, если стая обладает такими характеристиками как целостностью (большой коэффициент кластеризации), масштабной инвариантностью, а также является чувствительной к слабым взаимодействиям, то говорится о том, что стая находится в критическом состоянии. Поведение стаи в критическом состоянии будет исследоваться в данной работе.

Модель

В данной работе рассматривается модель в которой агент может быть в одном из двух состояний -1 или 1[4]. В отсутствие взаимодействий в стае агенты ведут себя независимо и выбор агента перейти в другое состояние аналогичен бросанию монеты. В такой системе процесс кооперации невозможен. Решение отдельного узла хранится какое-то время, после чего оно может измениться. Это позволяет завести сотрудничество в стае, что влияет на динамику и кооперативность. Мы покажем, что эффект сотрудничества может быть глобальным, и благодаря самоорганизации вся сеть ведет себя как единая макроскопическая единица.

Для процесса организации в стае необходимо завести их взаимодействие. Каждый объект в стае может взаимодействовать только со своими ближайшими соседями. Учет взаимодействия в стае производится подсчетом вероятности перейти из состояния с проекцией -1 в состояние с проекцией 1 и наоборот[5].

$$p_{-1 \rightarrow 1} = g \cdot \exp\left(k \frac{C_1 - C_{-1}}{4}\right) \quad p_{1 \rightarrow -1} = g \cdot \exp\left(k \frac{C_{-1} - C_1}{4}\right)$$

Сила кооперации объектов стаи учитывается константами взаимодействия. Таким образом, варьируя данные константы, необходимо добиться максимальной кооперации в стае, при котором, стая с максимальной эффективностью реагировала бы на внешние изменения.

Для того, чтобы сделать анализ передачи информации в стае, была сформирована одномерная стая, в которой первые и последние n объектов в стае имеют зафиксированные проекции скорости -1 и в зависимости от значений параметров взаимодействия определялась скорость перехода в когерентное состояние.

Результаты

Исследование параметров взаимодействий агентов в системе позволило определить оптимальные параметры, при котором стая с максимальной эффективностью достигает консенсуса. Анализ передачи информации в стае осуществлялся динамикой поворота вектора скорости и в случае если средняя проекция скорости в стае сравнивается с зафиксированными по краям проекциями, то можно утверждать, что стая образовала когерентную структуру. Исследование реагирования стаи на изменения в системе позволило проследить динамику перехода стаи в когерентное состояние, а также распространение информации внутри стаи. Дальнейшее исследование направлено на выявлении специфики принятия решения в стае и доказать или опровергнуть гипотезу о том, что в состоянии критичности процесс принятия решения в стае носит квантово-подобный характер.

Список литературы

1. D. J. Watts and S. H. Strogatz, Nature (London) 393, 440 (1998).
2. A. L. Barabási and R. Albert, Science 286, 509 (1999).
3. P. Holme and B. J. Kim, Phys. Rev. E 65, 026107 (2002).
4. Turalska M. et al. Complexity and synchronization //Physical Review E. – 2009. – Т. 80. – №. 2. – С. 021110.
5. Vanni F., Luković M., Grigolini P. Criticality and transmission of information in a swarm of cooperative units //Physical review letters. – 2011. – Т. 107. – №. 7. – С. 078103.