

Анализ социальных сетей. Лекция 5

Модели построения сетей и перколяция

Михаил Пожидаев

5 декабря 2024 г.

Модель Прайса

Или модель предпочтительного присоединения

Ключевая гипотеза

Чем больше у вершины связей, тем больше вероятность появления новых.

Пусть статья цитирует в среднем c других статей. Обозначим через q_i входящую степень вершины i . Тогда вероятность быть процитированной для статьи выражается как:

$$\frac{q_i + a}{n(c + a)},$$

где a — это некоторое количество случайных цитирований.

Степенной закон!

Распределение вероятности пропорционально $q^{-\alpha}$, где $\alpha = 2 + \frac{a}{c}$.

Модель Барабаши-Альберта

Анализ сетевых связей в Интернете

Только для неориентированных графов!

Новая вершина имеет всегда степень s , а связи распределяются пропорционально степеням присоединяемых вершин.

Перейдём к модели Прайса

Вершины будут иметь исходящую степень s , а входящую степень q_i (растёт со временем). Дуги направлены от новых вершин к старым. Получаем модель Прайса при $a = s$, что приводит к степенному распределению $\alpha = 3$.

Модель копирования

На примере списков цитирований

Построение

Пусть при создании вершина копирует c статей из случайно выбранной вершины.

В общем случае предположим, что каждый элемент списка литературы с вероятностью γ скопирован из случайной статьи, а с вероятностью $1 - \gamma$ просто ссылается на случайную статью.

Новая причина, но то же следствие!

У такой модели тоже наблюдается степенной закон распределения, который близок к модели Прайса, но модель не является моделью Прайса. Таким образом, получив степенное распределение, трудно говорить о конкретной причине его появления.

Звезда

На примере авиакомпаний

Взаимоисключающие требования:

- ▶ пассажиры желают перелёты с меньшим количеством пересадок;
- ▶ авиакомпании желают меньшего количества постоянных рейсов.

Требования:

- ▶ в графе должно быть $n - 1$ ребро;
- ▶ средняя длина пути должна быть наименьшая.

Ответ!

Таким свойством обладает топология типа «звезда».

Перколяция

И анализ устойчивости сетей

Что такое популяционный иммунитет?

Популяционный иммунитет — это отсутствие в сети распространения инфекции гигантского перколяционного кластера.

Определение!

Принято считать, что перколяция присутствует, если узлы разделены на проводящие и непроводящие, и проводящие узлы формируют гигантский компонент связности. Доля проводящих узлов обозначается как ϕ . При некотором значении ϕ происходит фазовый переход и в сети появляется перколяция.

Устойчивость Интернета

Можно ли разрушить всемирную паутину?

В 1959 году Полу Бэрну было заказано исследование устойчивости сетей связи для возможного ядерного удара по США. Он установил, что сети организованы в виде звёзд, объединённых в одну большую звезду. Разрушение центров звёзд легко выведет сеть из строя.

Вывод!

Пол Бэрн предложил сети связи организовывать в решётку, но предложение не было поддержано.

А как же Интернет?

Интернет построен по принципу самоорганизующейся сети, в которой узлы сами решают, с какими другими узлами они будут соединяться.

Атака

По степени узлов

Если неправильные намерения!

1. Выбираете узел с максимальной степенью.
2. Выключаете выбранный узел.
3. Процедуру повторяете до достижения желаемого эффекта.

Проблема у атакующего!

Если сеть является решёткой, то у неё степень всех узлов одинаковая, и неясно, что можно было бы атаковать.

Взаимосвязь гигантского перколяционного компонента от количество неатакованных узлов является ключевой характеристикой сети в отношении её устойчивости к атаке.

Всего 5%!

Выключение 5% самых нагруженных узлов Интернета полностью его разрушают.

Каскадное отключение

И процесс продолжится...

Энергосеть

Выход из строя узла в энергетической сети может приводить к перераспределению нагрузки на другие узлы с потенциальным превышением их мощности, что, в свою очередь, также выведет их из строя, и процесс продолжится.

Рынок облигаций

Если дефолт объявляет субъект сети заимствований на рынке облигаций, то нагрузка ложится на его кредиторов, что, в свою очередь, потенциально может привести к их дефолтам, и процесс продолжится.

Спасибо за внимание!

Всё о курсе: <https://marigostra.ru/materials/networks.html>

E-mail: msp@luwrain.org

Канал в Телеграм: <https://t.me/MarigostraRu>