Сложные системы

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности и сложной системы?

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности и сложной системы?

Как феноменологически идентифицировать сложные системы?

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности и сложной системы?

Как феноменологически идентифицировать сложные системы?

Чем интересны сложные системы?

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности и сложной системы?

Как феноменологически идентифицировать сложные системы?

Чем интересны сложные системы?

Как зарождается сложность в системе?

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности и сложной системы?

Как феноменологически идентифицировать сложные системы?

Чем интересны сложные системы?

Как зарождается сложность в системе?

Какие существуют подходы к моделированию сложных динамических систем?

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности и сложной системы?

Как феноменологически идентифицировать сложные системы?

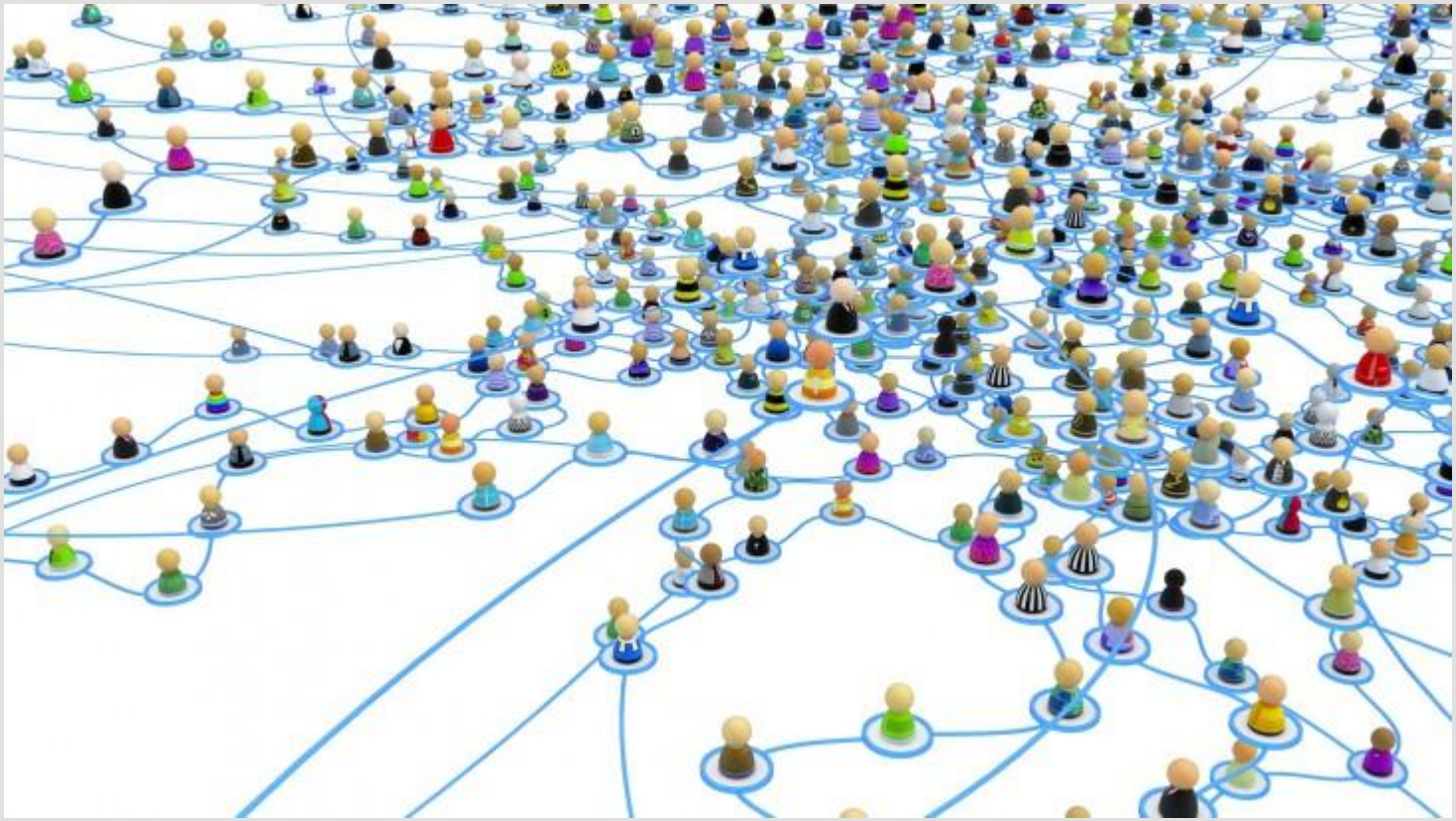
Чем интересны сложные системы?

Как зарождается сложность в системе?

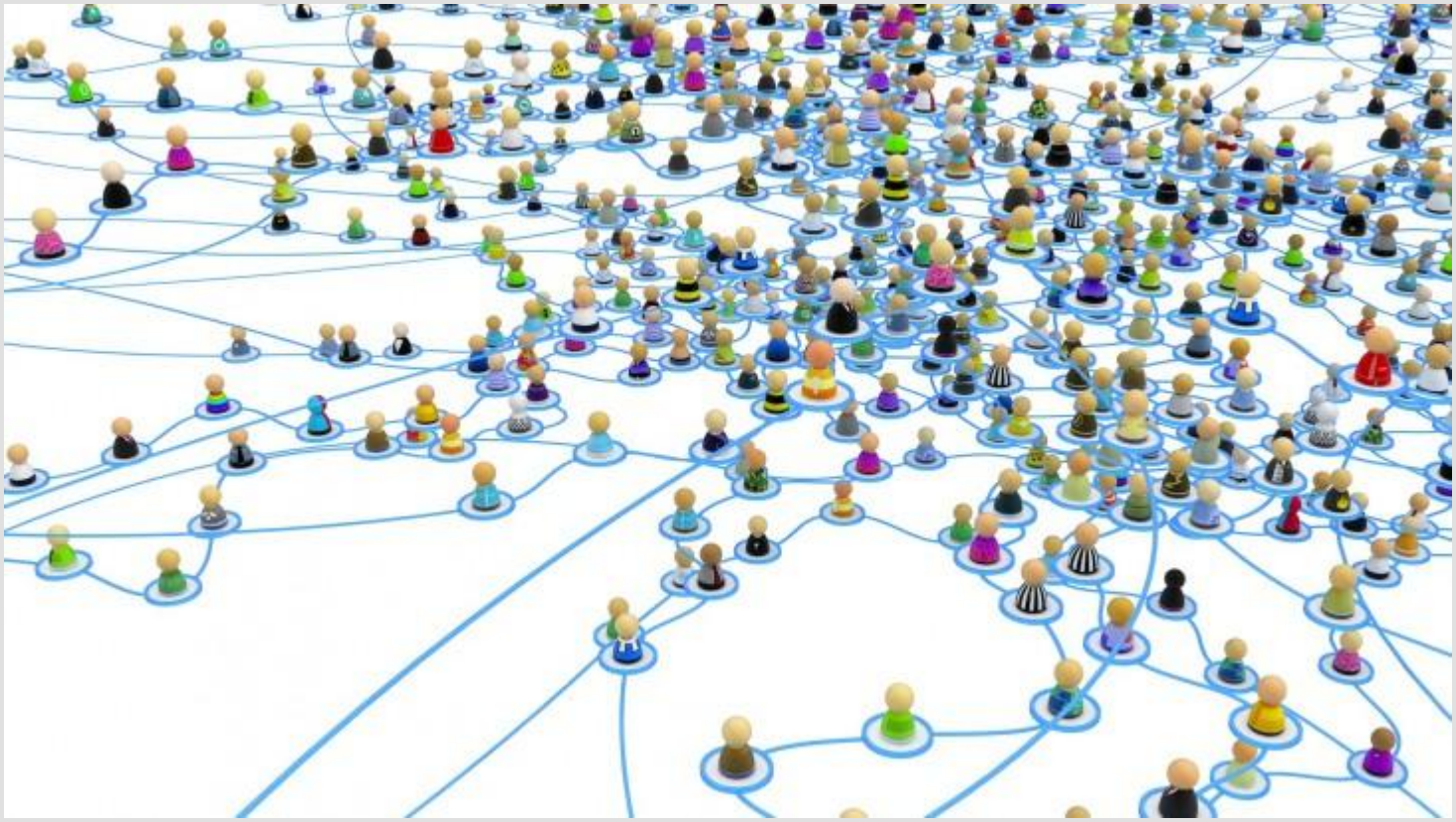
Какие существуют подходы к моделированию сложных динамических систем?

Сетевая парадигма. Network science

Сетевая парадигма. Network science



Сетевая парадигма. Network science



Национальный научно-исследовательский совет США определяет науку о сетях как «изучение сетевых представлений физических, биологических и социальных явлений, ведущее к прогнозирующим моделям этих явлений»

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности?

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности?

- Несводимость системы к простой сумме слагающих её частей

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности?

- Несводимость системы к простой сумме слагающих её частей
- Эмерджентность – возникновение у целого свойств, которыми его части не обладают

Вопросы, требующие ответа

Как определяются понятия сложности?

- Несводимость системы к простой сумме слагающих её частей
- Эмерджентность – возникновение у целого свойств, которыми его части не обладают
- Наличие в системе большого числа элементов и/или нетривиальных связей между ними (разнообразие)

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

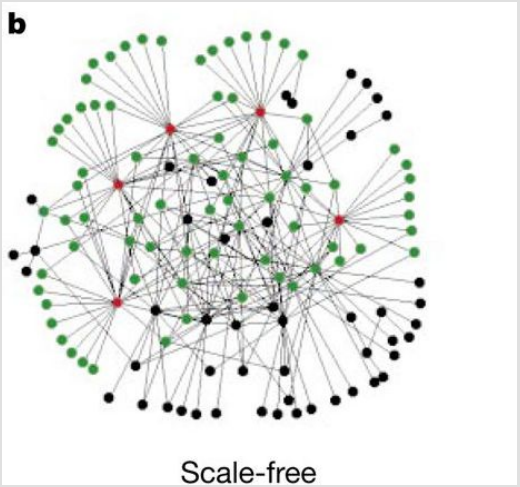
Как определяются понятие сложной системы?

Albert-László Barabási

Barabási, Albert-László; Albert, Réka. (October 15, 1999). "Emergence of scaling in random networks". Science. 286 (5439): 509–512

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?



$$p(k) \propto k^{-\alpha}, \alpha \in (2,3)$$

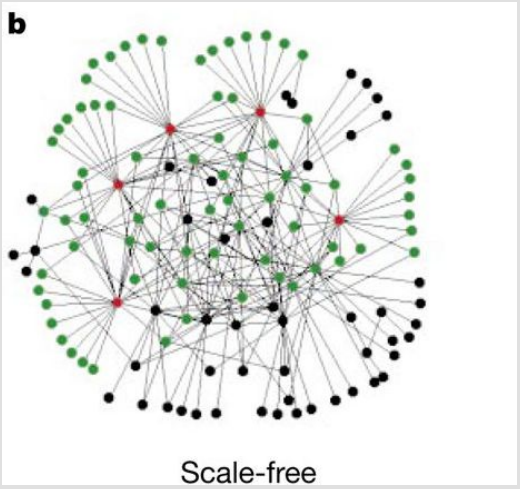
k – степень вершины (число связей узла)

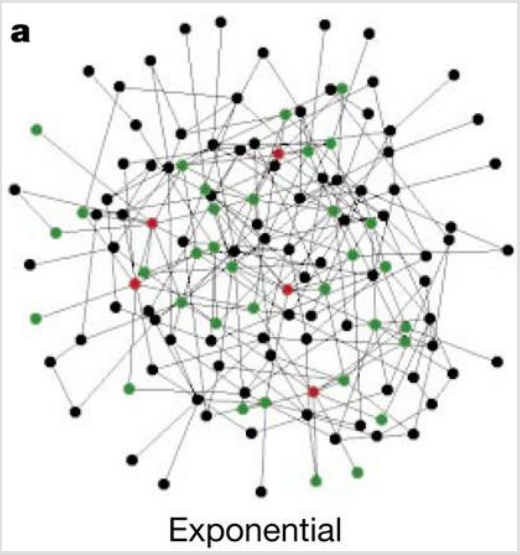
Albert-László Barabási

Barabási, Albert-László; Albert, Réka. (October 15, 1999). "Emergence of scaling in random networks". Science. 286 (5439): 509–512

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?





$$p(k) \propto k^{-\alpha}, \alpha \in (2,3)$$

k – степень вершины (число связей узла)

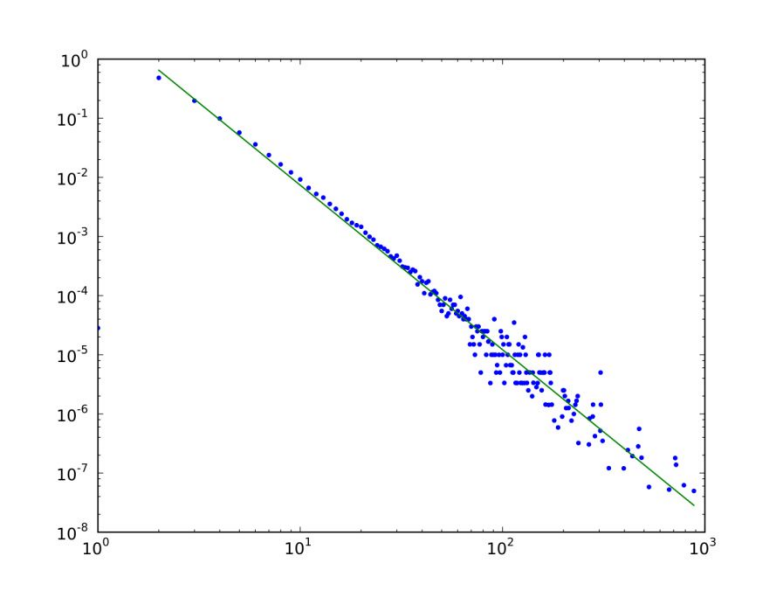
$$p(k) \propto e^{-\lambda k}$$

Albert-László Barabási

Barabasi, Albert-László; Albert, Réka. (October 15, 1999). "Emergence of scaling in random networks". Science. 286 (5439): 509–512

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

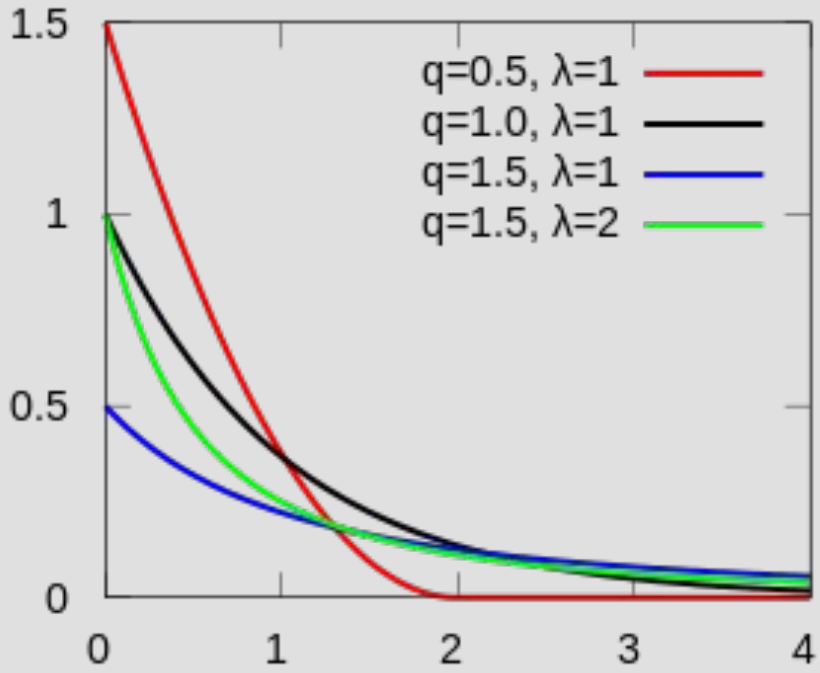
Как определяются понятие сложной системы?



Степенной закон распределения связей в двойном логарифмическом масштабе

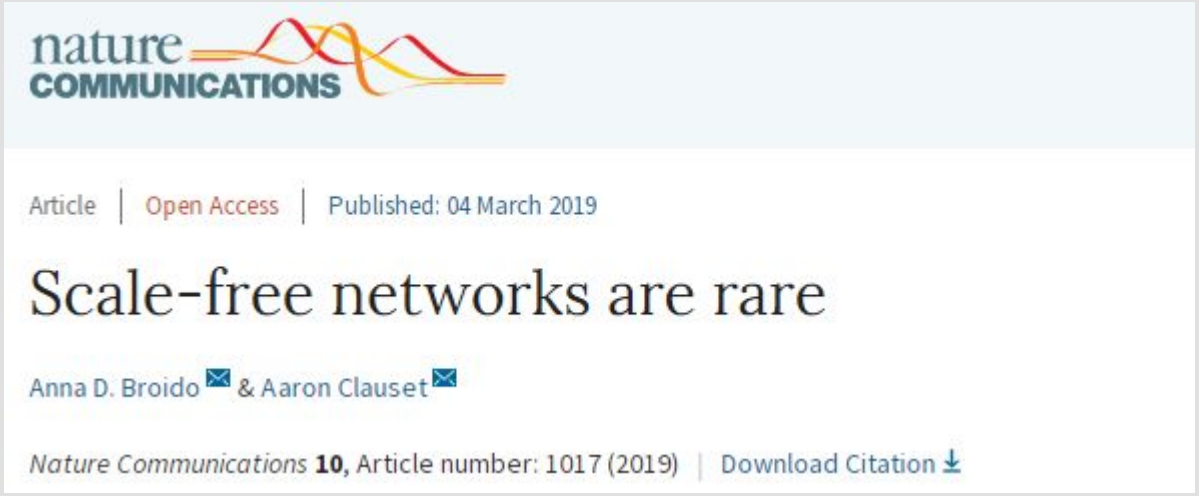
Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?



Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?



nature COMMUNICATIONS

Article | Open Access | Published: 04 March 2019

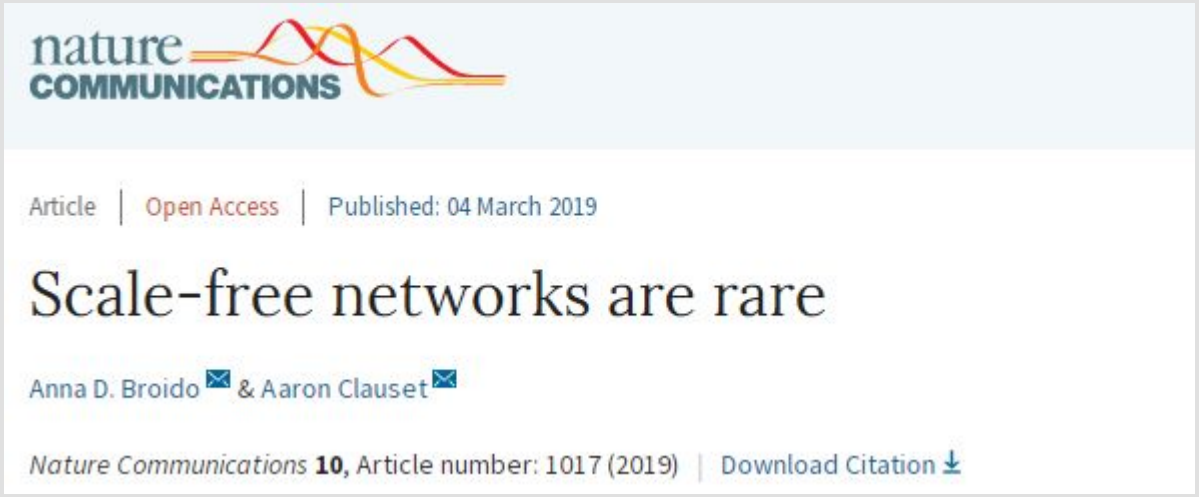
Scale-free networks are rare

Anna D. Broido & Aaron Clauset

Nature Communications **10**, Article number: 1017 (2019) | Download Citation

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

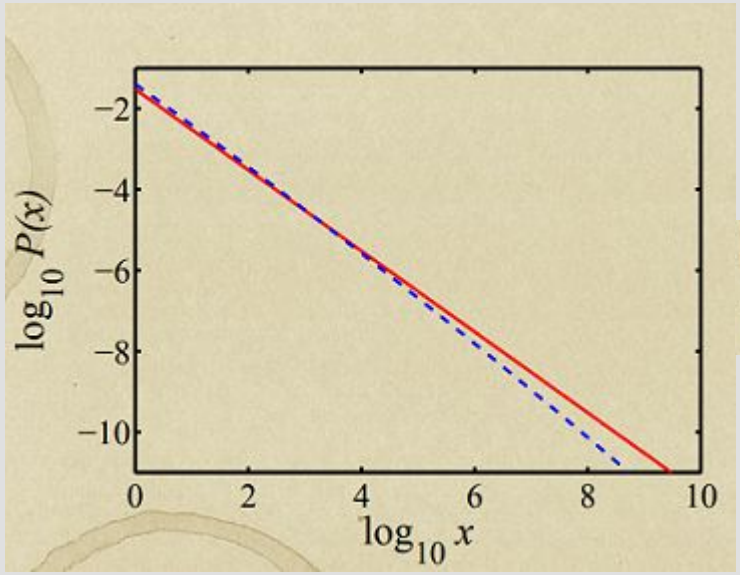
Как определяются понятие сложной системы?



- Сильная масштабная инвариантность (степенной закон)
- Средняя масштабная инвариантность (логнормальный)
- Слабая масштабная

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?



lognormal (blue)
power law (red),

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?

Сложность можно определить на уровне внешних проявлений системы безотносительно ее внутреннего устройства.

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

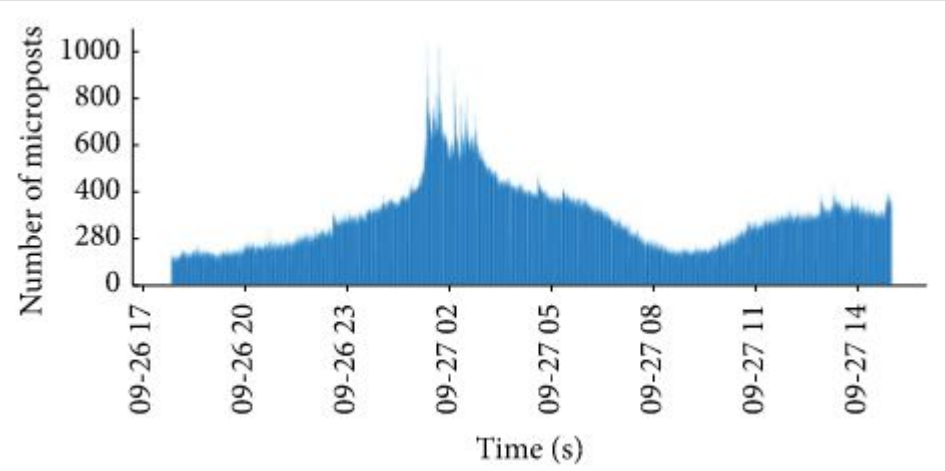
Как определяются понятие сложной системы?

Сложность можно определить на уровне внешних проявлений системы безотносительно ее внутреннего устройства.

Сложная система – система, способная генерировать неожиданные (не удается предсказать) и/или экстраординарные событий (выделяются из ряда родственных ему событий).

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?



Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?

Необходимые условия возникновения сложности в системе:

Безмасштабные, масштабно-инвариантные или сложные сети

Как определяются понятие сложной системы?

Необходимые условия возникновения сложности в системе:

- Открытость
- Неравновесность
- Диссипативность