



Научно-учебная группа анализа
репутационных эффектов топ-менеджмента
банков

Факультет социально-
экономических и
компьютерных наук

Пермь
2025

Диффузионные модели

Анастасия Киреечева



Понятие диффузии

Диффузия инноваций – это теория, которая стремится объяснить, как, почему и с какой скоростью распространяются новые идеи и технологии.

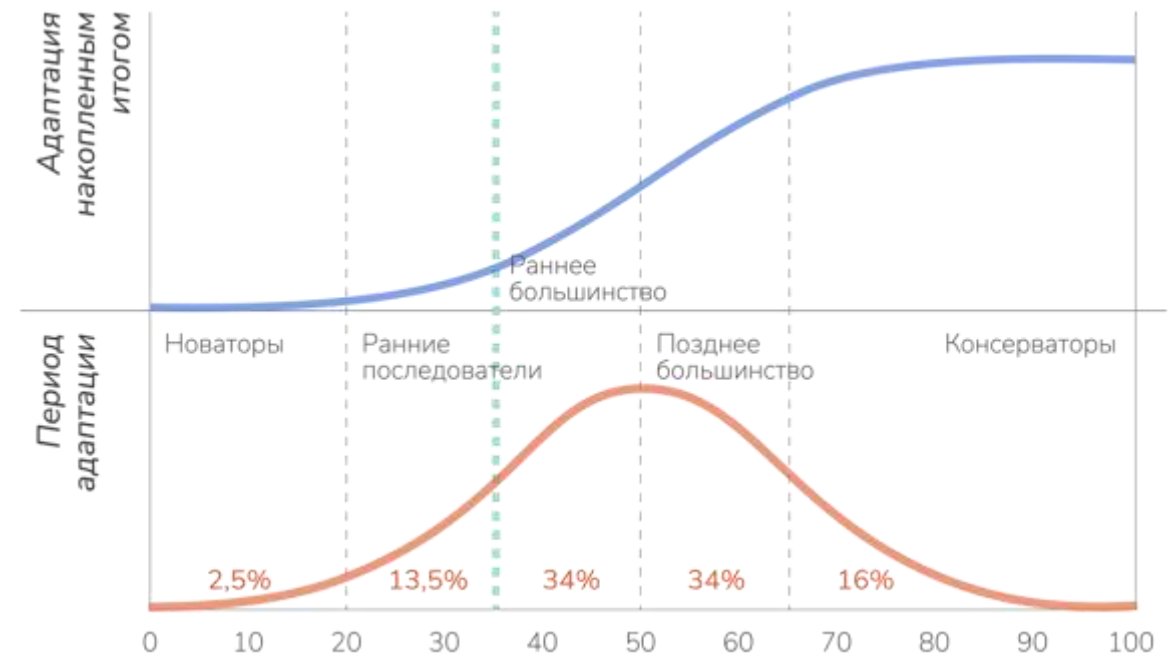
Данная теория была популяризована американским социологом Эвереттом Роджерсом в 1962 году, благодаря выпущенной им книге «Диффузия инноваций».

Диффузия (от лат. *diffusio* — «распространение, растекание, рассеивание, взаимодействие») — неравновесный процесс перемещения вещества из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией, приводящий к самопроизвольному выравниванию концентраций по всему занимаемому объёму.

История

История теории диффузии инноваций восходит к исследованиям конца XIX века.

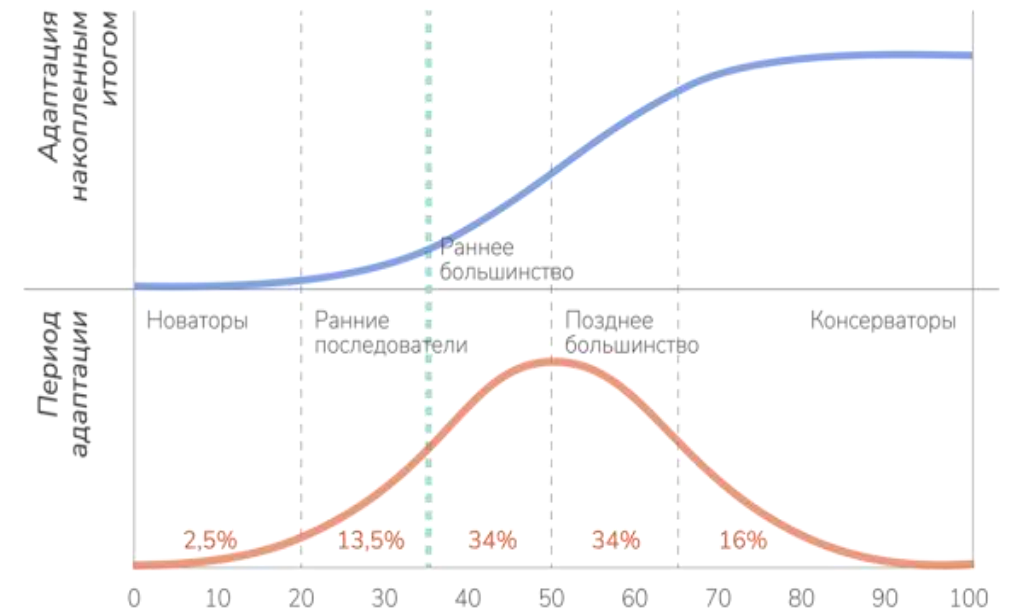
Понятие «диффузия инноваций» впервые изучал французский социолог Габриэль Тард в 1890-х годах. Уже к 1903 году Тард сформулировал зависимость внедрения инноваций и построил кривую, которая ныне известна как кривая принятия инноваций.



История

Роджерс выделяет 6 главных источников, которые повлияли на исследования диффузии инноваций: антропология, ранняя социология, сельская социология, образование, промышленная социология и медицинская социология.

Роджерс распределил потребителей инновационных продуктов на 5 сегментов в зависимости от их психо-социальных характеристик, указав их среднюю долю с учетом нормального распределения





Кривая принятий инноваций

Новаторы (2,5%) – готовы идти на риск и применять технологии, которые в конечном счете могут потерпеть неудачу, им интересно пробовать все новое в какой-либо сфере

Ранние последователи (13,5%) – готовы применять новые технологии вскоре после их появления, но при этом они более избирательны, чем новаторы.

Раннее большинство (34%) – принимают инновацию значительно позже, им нужны доказательства работоспособности технологии.

Позднее большинство (34%) – потребители, которые скептически относятся к новинкам и соглашаются их использовать, когда это становится обычной практикой, почти половина рынка уже использует эту новинку.

Отстающие (консерваторы) (16%) – принимают инновации в самую последнюю очередь, им свойственно неприятие перемен, они сопротивляются изменениям.



Элементы

Эверетт Роджерс выделяет *5 ключевых элементов*, исследуемых в диффузии:

- Инновация
- Адоптер (особенно степень инновационности каждого адоптера)
- Коммуникационные каналы
- Время
- Социальные системы



Что влияет на скорость внедрения инноваций?

Относительное преимущество инновации – это условное, для каждого сегмента потребителей, соотношение преимуществ и рисков при приобретении инновации.

Совместимость – соответствие имеющимся у целевой аудитории убеждениям, нормам, привычкам, ценностям и задачам.

Пробуемость (апробирование) – возможность провести тест инновации (на небольшом участке или небольшими ресурсами) и оценить результат.

Наблюдаемость – возможность увидеть результаты инновации.

Диффузная модель Френка Басса

Суть модели Басса заключается в том, что рост количества потребителей инновационного продукта объясняется *двумя эффектами*:

- Эффект рекламы;
- Эффект межличностной коммуникации.

В отличие от Роджерса Басс выделил не 5, а всего 2 категории людей:

- люди, которые сами пробуют новый продукт в первую очередь, и узнают о нем из разных сообщений;
- люди, которые узнают о новом продукте от первой категории, прислушиваются к их мнению. Действие рекламы тут значительно снижается.





Математическая модель

Математическая модель диффузии инноваций Басса имеет вид:

$$n_t = \left(p + q * \frac{N_t}{M} \right) * (M - N_t)$$

n_t - количество принявших инновацию в момент времени t ;

M - потенциал рынка;

N_t - суммарное число принявших инновацию в момент времени t ;

p - коэффициент внешнего влияния;

q - коэффициент внутреннего влияния.



Более широкое применение диффузионных моделей

Идея диффузионных моделей легла в основу изучения процессов распространения информации во многих областях: эпидемиология, физика, социология, политология, информатика и другие.

Аналогично тому, как инновации распространяются в обществе, так распространяется и информация, сплетни, заболевания.

Исследования динамики слухов, распространения идей, коррупции или бандитизма и насилия.



Сети и диффузия

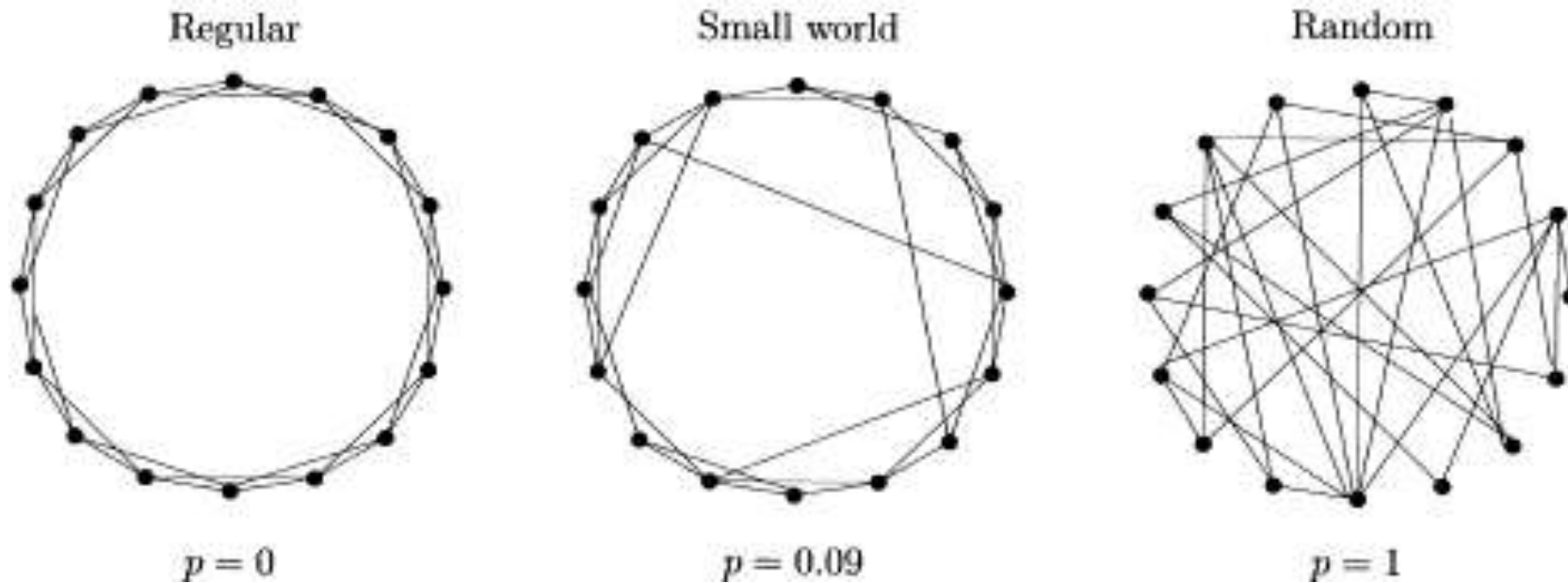
Диффузионные процессы происходят в сетевых структурах, где узлы и связи между ними определяют пути и скорость распространения информации, инноваций, поведения и других явлений.

Существует множество параметров, варьируя которые, мы получаем разную скорость и охват диффузионных процессов.

Примеры статей

Cowan, R., & Jonard, N. (2004). Network structure and the diffusion of knowledge.

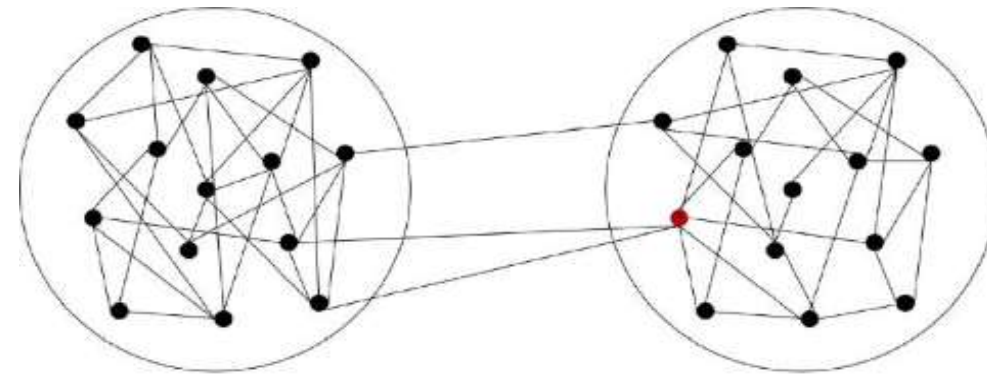
Фактор – степень пространственной случайности в сети, по которой распространяются знания



Примеры статей

Cui, X., & Zhao, N. (2017). Modeling information diffusion in time-varying community networks.

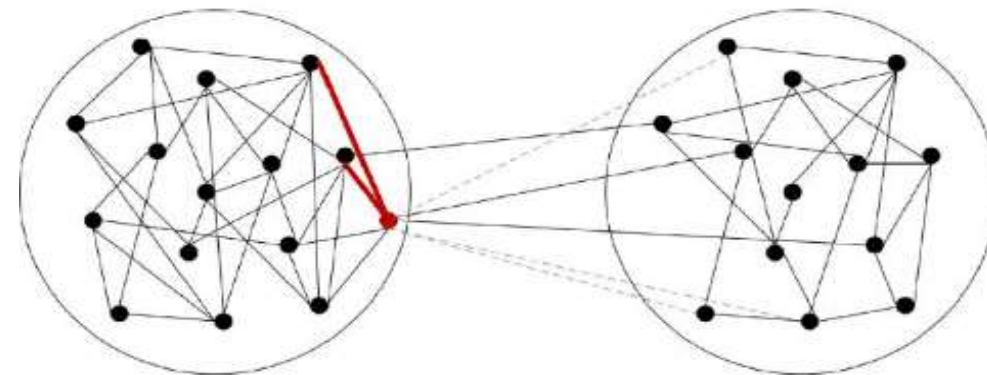
Фактор – время



Community 1

Community 2

(a)



Community 1

Community 2

(b)



Примеры статей

Gallegati, Mauro & Greenwald, Bruce & Richiardi, Matteo & Stiglitz, Joseph. (2008). The Asymmetric Effect of Diffusion Processes: Risk Sharing and Contagion.

Фактор – асимметрия

Асимметричное распространение шоков в сети — хорошо изученное явление в сфере финансов, когда речь идёт о системном риске, поскольку финансовые сети часто характеризуются значительной асимметрией, влияющей на риск заражения.

Авторы иллюстрируют применимость теории на примере кризиса субстандартного ипотечного кредитования и в более широком смысле — на примере процессов секьюритизации и межбанковских связей.



Как же использовать диффузионные модели?

Gimeno, R., Mateos de Cabo Pilar Grau, R., & Gabaldon, P. (2022). Network diffusion of gender diversity on boards: A process of two-speed opposing forces.

- В данной статье с помощью диффузии изучается, как изменяется доля женщин в составе советов директоров.
- Ключевой фактор сети, который принимается во внимание в данной работе – это *асимметрия*.
- Американские компании можно представить в виде сложной сети, где *узлами* являются *компании*, а *общими директорами* — *связи* между компаниями.

Методология

$$\frac{dv_i(t)}{dt} = \sum_{j \sim i} [v_j - v_i], \quad \forall i = 1, 2, \dots, \quad \forall j | a_{ij} = 1. \quad (1)$$

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \eta \sum_{j \sim i} a_{ij} (v_j(t) - v_i(t)), \quad (2)$$

$$\frac{dv}{dt} = -L\vec{v}(t), \quad (3)$$

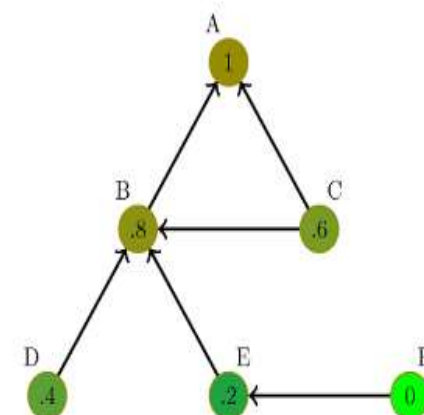
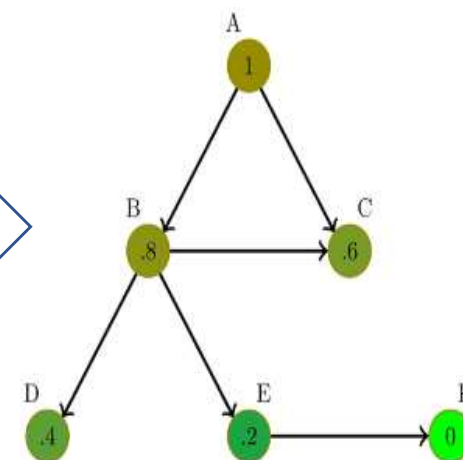
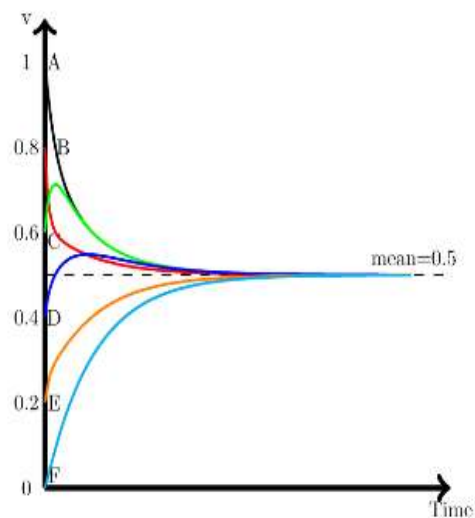
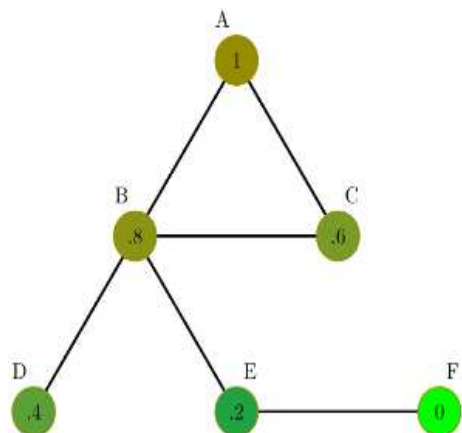
$$\Delta v(t) = -\eta L v(t-1),$$

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \eta \sum_{j \sim i | v_j(t) > v_i(t)} a_{ij} (v_j(t) - v_i(t)) + \gamma \eta \sum_{j \sim i | v_j(t) < v_i(t)} a_{ij} (v_j(t) - v_i(t)) \quad (4)$$

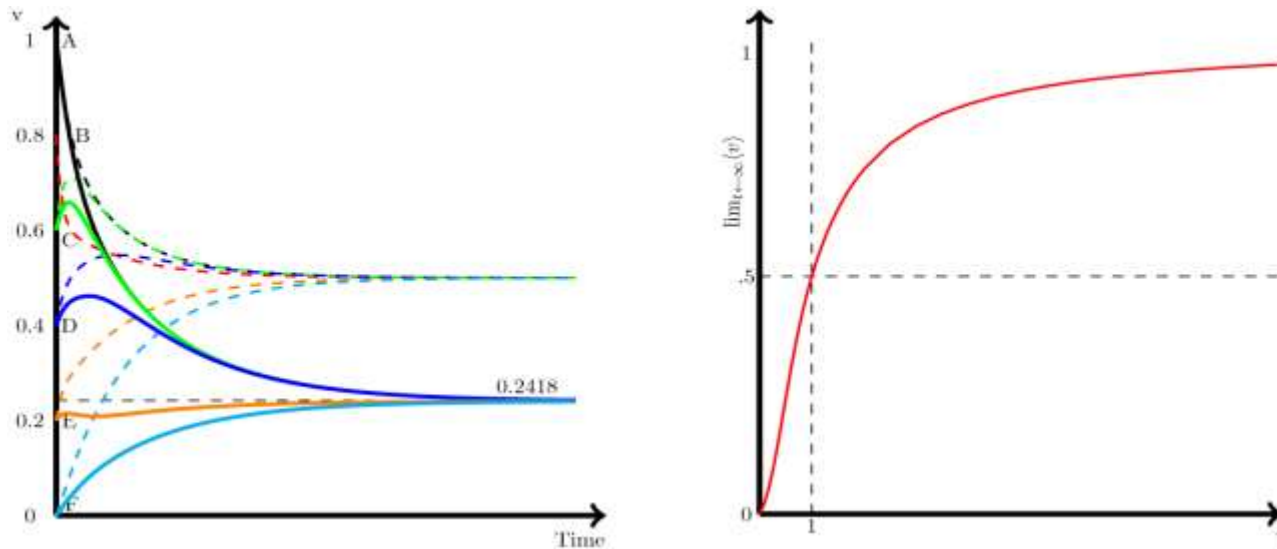
$$\frac{dv}{dt} = -L^l \vec{v}(t) - \gamma L^h \vec{v}(t), \quad (5)$$

$$\Delta v(t) = -\eta L^l v(t-1) - \gamma \eta L^h v(t-1),$$

Методология



Методология



Также рассматривается:

- изменение знака градиента узлов с течением времени;
- влияние распределения начальных значений на консенсус;
- изменение топологии графа.

Эмпирическое применение. Доля женщин в советах директоров

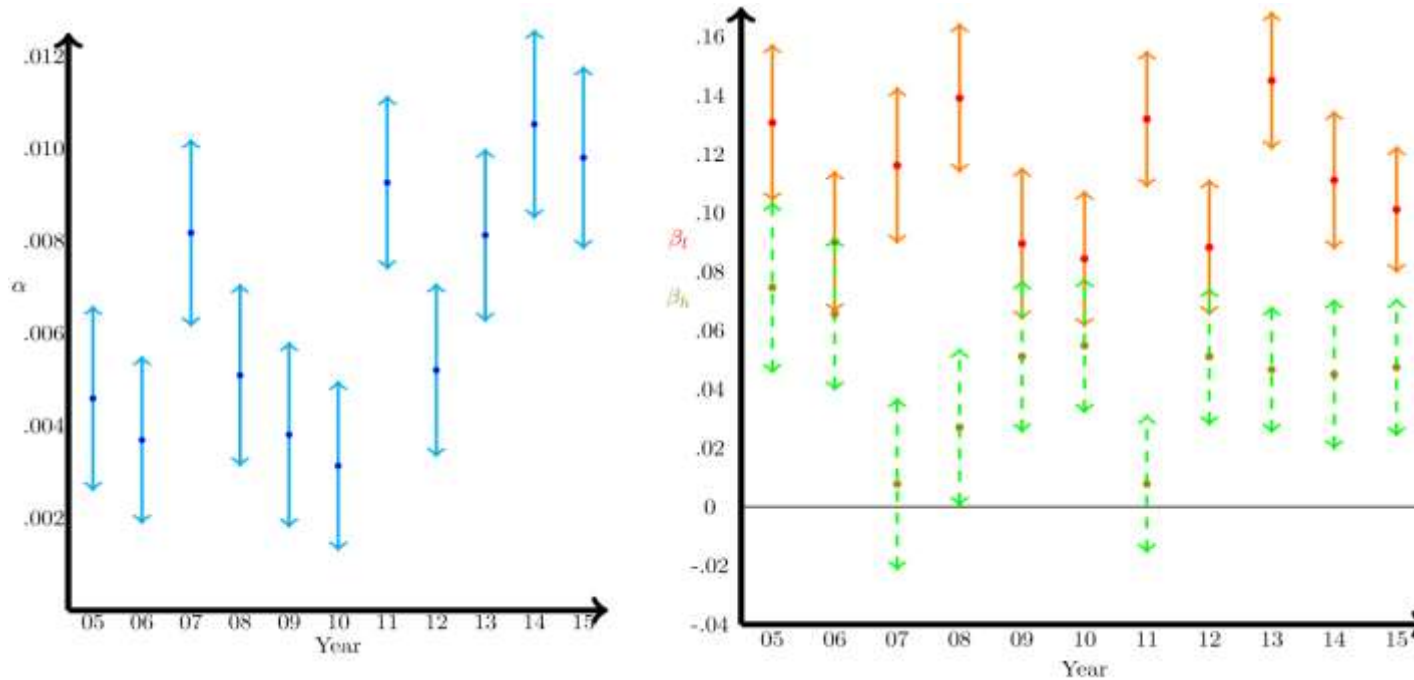
Группа из 9891 американской компании, акции которых котируются на бирже, и их директоров за период с 2000 по 2015 год.

Эта сеть обладает некоторыми характеристиками «малого мира».

Переменная, представляющая интерес для нашего анализа, — это процент женщин, назначенных на должности в каждом совете директоров (ω).

$$\Delta\omega_i(t+1) = \alpha \left[-\beta_l \sum_j a_{ij}^l(t) \frac{1}{k_i(t)} (\omega_i(t) - \omega_j(t)) \right. \\ \left. -\beta_h \sum_j a_{ij}^h(t) \frac{1}{k_i(t)} (\omega_i(t) - \omega_j(t)) \right] + \epsilon_{it},$$

Эмпирическое применение. Доля женщин в советах директоров



Когда в совете директоров компании больше женщин, чем в соседних компаниях, скорость сокращения их числа выше, чем в противоположной ситуации.

Это приводит к недостаточному представительству женщин в советах директоров, которое в период с 2004 по 2015 год сократилось на 5 процентных пунктов (с 14,6 % до 9,9 %).



Использование диффузионных моделей в других исследованиях корпоративного управления

Xiao, J. J. (2022). Diffusion of Corporate Governance from Influential Adopters. - механизмы управления, в частности система вознаграждения, зависящего от результатов деятельности (PCE), демонстрируют процесс обучения через диффузию от влиятельных последователей. То есть компании склонны подражать влиятельным коллегам в отрасли, внедряя PCE в свои контракты с руководителями.

Gupta, A., Wowak, A., J., & Boeker, W. (2021). Corporate directors as heterogeneous network pipes: How director political ideology affects the interorganizational diffusion of governance practices. - консервативные директора с большей вероятностью передадут структуру правления, состоящую из одного инсайдера (где генеральный директор является единственным сотрудником фирмы в совете директоров), тогда как либеральные директора с большей вероятностью передадут практику, разделяющую роли генерального директора и председателя совета директоров.

