


ITMO UNIVERSITY



ITMO UNIVERSITY
New approach to Sociology

Alexander P. Alodjants
PhD, Doctor of Science, Professor

Содержание доклада

ITMO

1. Ведение; существующие подходы моделирования распространения информации в социальных системах;
2. Какие сети мы моделируем;
3. «Микроскопическая» социология; основные подходы социального лазера;
4. Переход к макро- социологии;
5. Модели диффузии информации, поляризация сообществ; Примеры;

Актуальность

ITMO

Появление новых глобальных вызовов и новых угроз - социальных, экономических, финансовых

- Глобализация и общая доступность средств индивидуальной коммуникации (сотовые телефоны, интернет, и т.д.),
- Слабая управляемость информационными потоками в сети интернет,
- Возможности управления с усилением состояниями общества посредством информационной накачки как отдельных пользователей, так и их групп через сети интернет,
- Устаревание социологических методов эффективного прогнозирования возмущений в социуме из-за распространения новых форм коммуникаций.

Основные сложности в решении данных задач

- ✓ Многопараметрические (многофакторные) задачи - задачи с большим числом степеней свободы
- ✓ Наличие «взаимодействия» - интенсивного обмена информацией в сети; наличие «информационного шума»

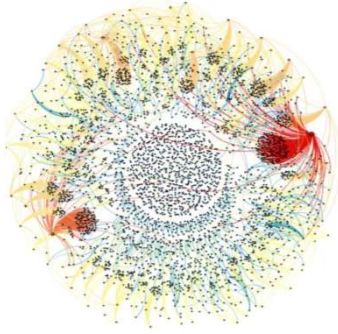
Возможные области применения

- Исследование распространения информации, формирование мнений в социальных сетях,
- Поведенческая экономика и принятие решений в условиях неопределенности,
- Управление и предсказание рыночных процессов в условиях диффузии инноваций,
- Не инвазивное управление каскадными процессами в экономике и финансах.
- Маркетинг (вирусный).

Реальные сети

ITMO

Социальная (безмасштабная) сеть «Твиттер» во время объявления отставки Президента Египта Х. Мубарака



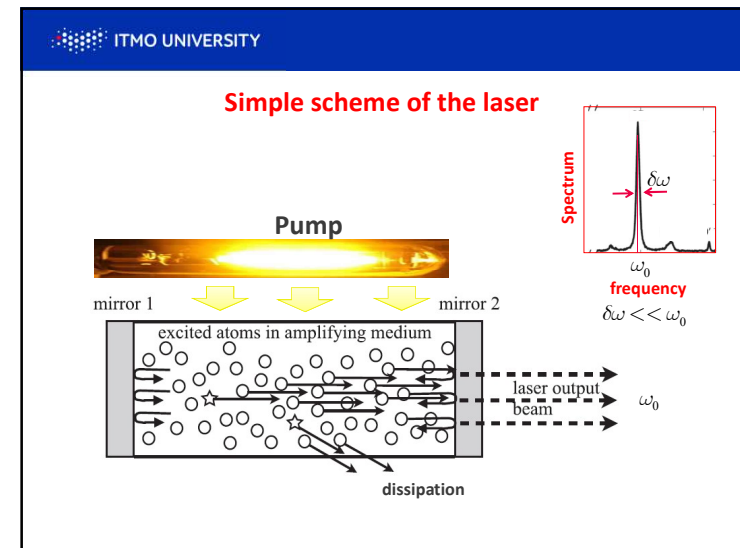
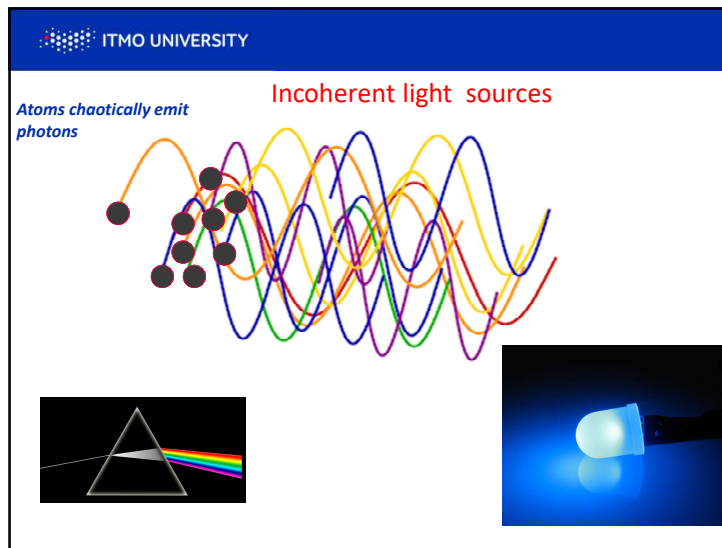
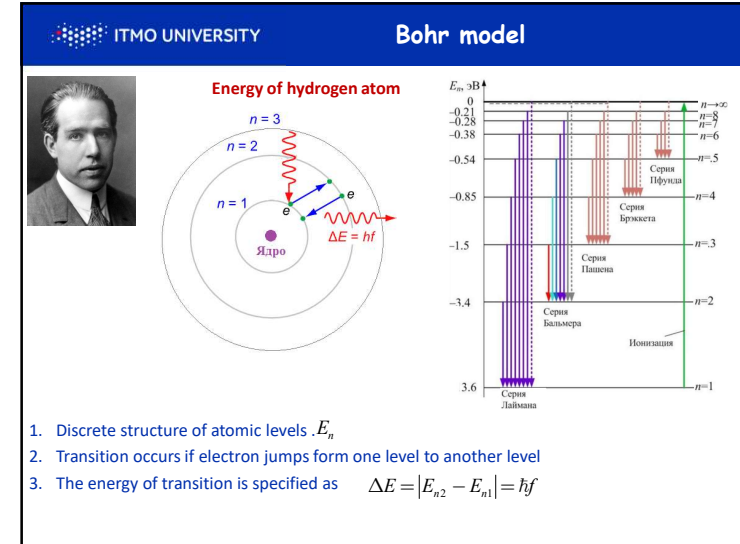
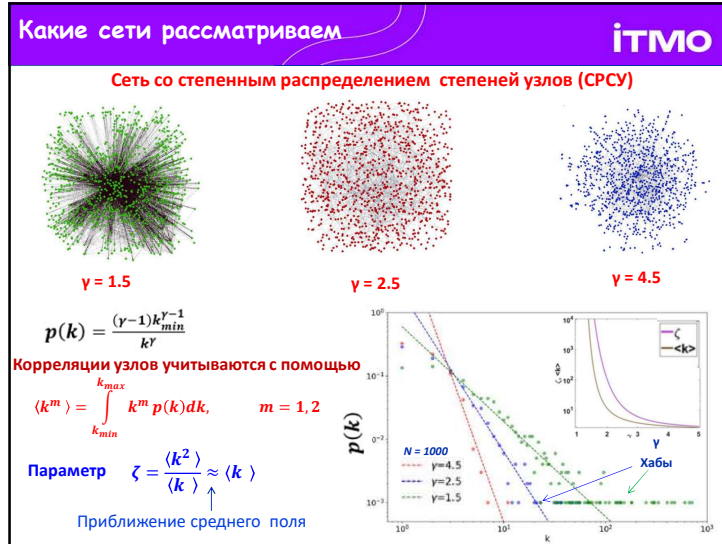
Сеть – сложная, Хорошо видны хабы - «центры влияния». Это – макро-уровень!

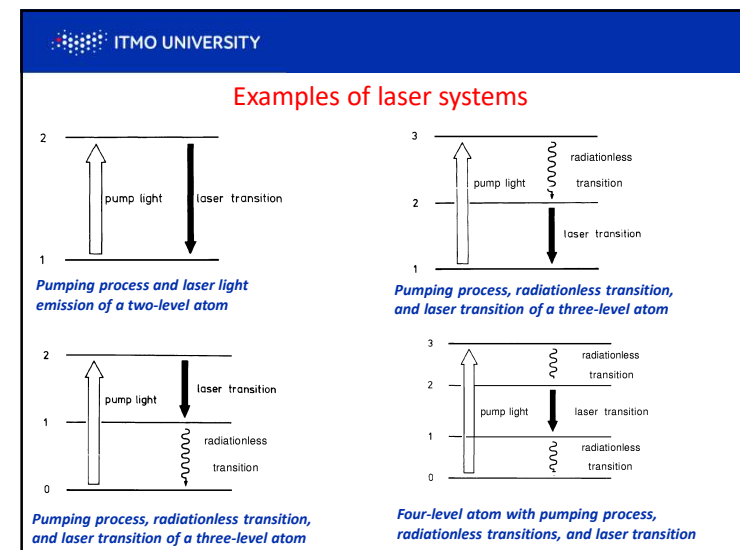
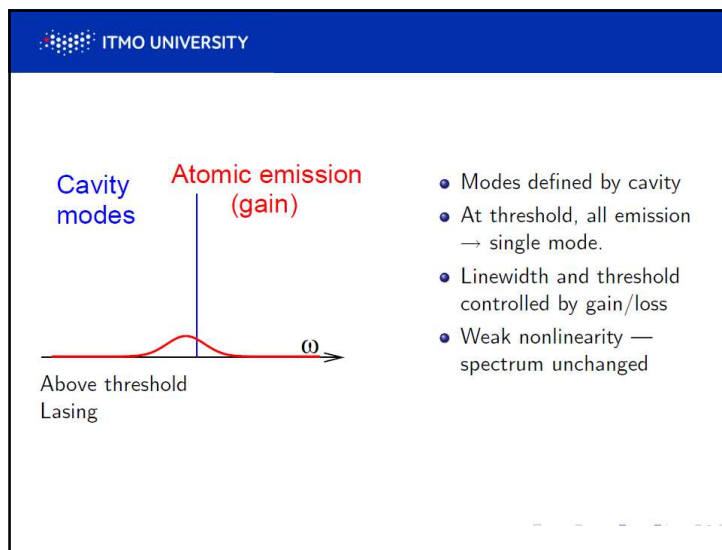
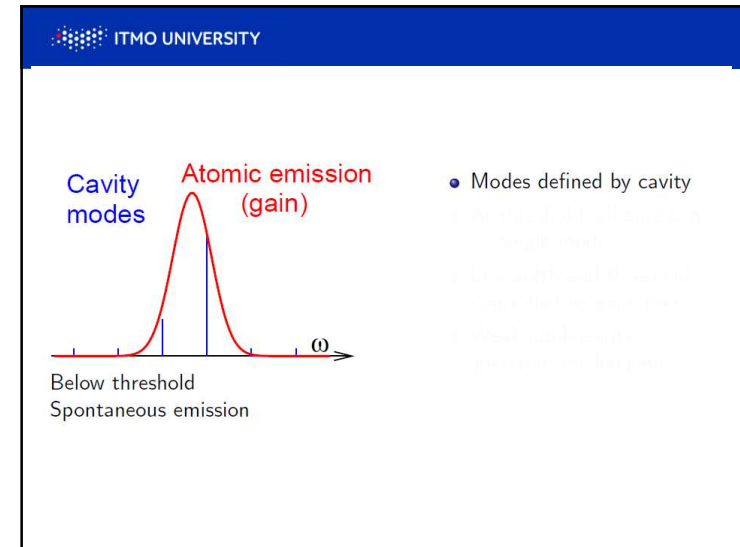
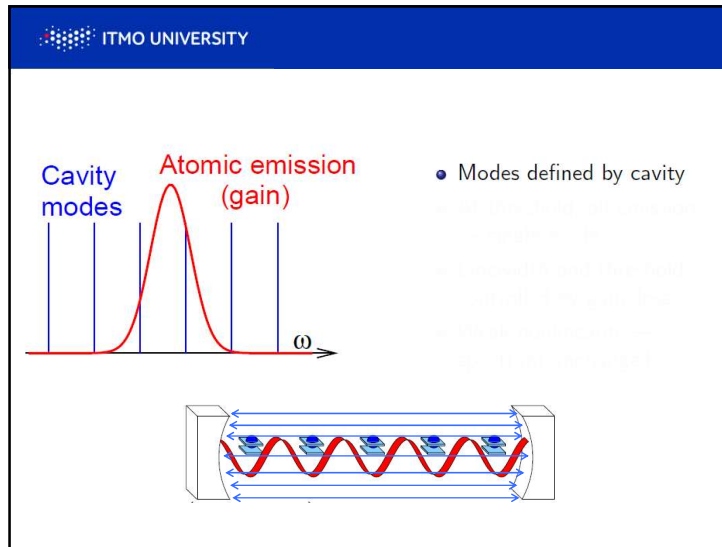
Согласно подходам SIS модели распространения информации в сети можно определить порог «эпидемии» по графу.

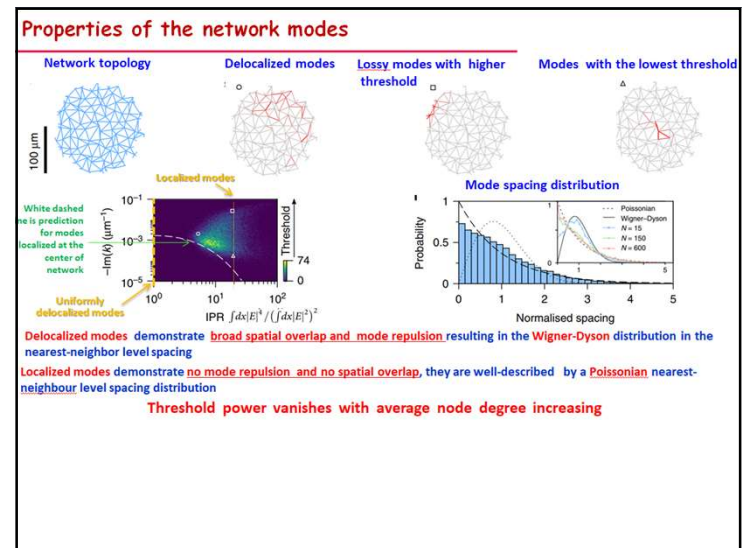
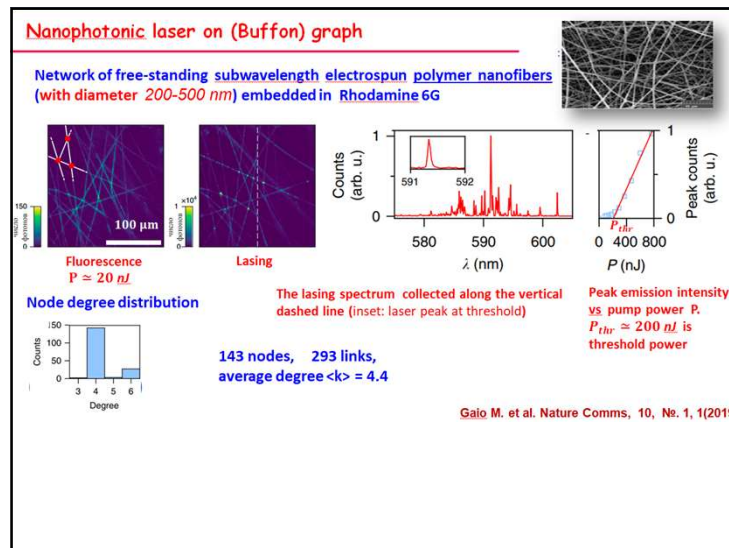
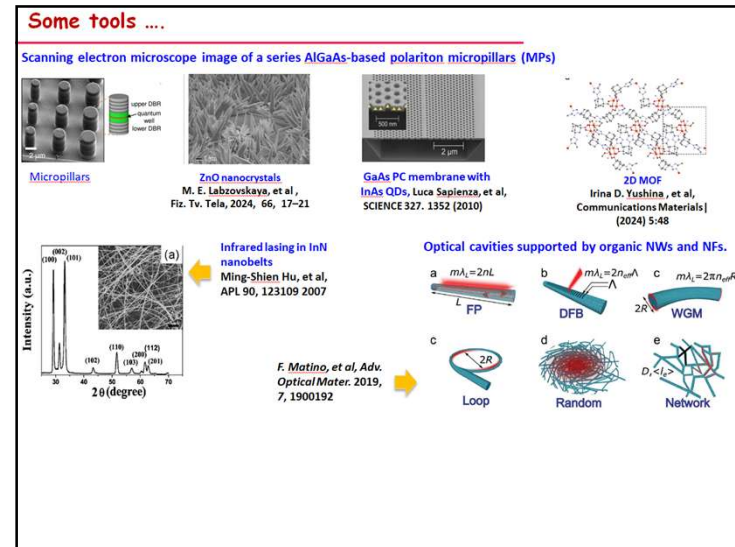
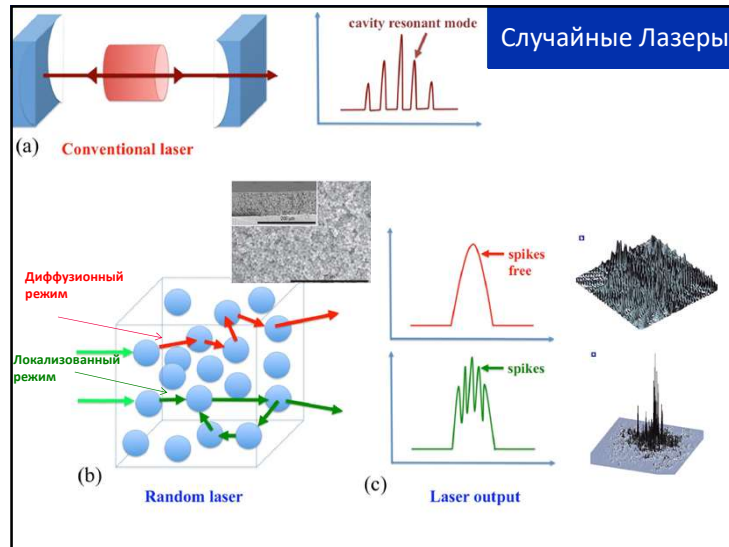
НО! Картина динамическая!

1. Нужно уметь предсказывать параметрическую зависимость этой динамики. Иначе, нужно понять вклад социальных процессов на микроуровне.
2. Нужно уметь контролировать динамический процесс.

Источник: Panisson A. 2011. The Egyptian Revolution on Twitter.
<http://gephi.org/2011/the-egyptian-revolution-on-twitter/>.







ITMO UNIVERSITY

Распределённая интеллектуальная система (РИС)

РИС — это сеть взаимодействующих агентов (естественных, искусственных или гибридных), в которой способность к восприятию, обработке информации, обучению и принятию решений не сосредоточена в одном узле, а возникает как эмерджентное свойство всей системы благодаря обмену сигналами, адаптации и согласованной динамике.

Гибридная РИС — это система, в которой некоторые агенты являются людьми, а другие — искусственными интеллектами, и их взаимодействия образуют общую когнитивную структуру, способную к обучению, прогнозированию и принятию решений.

Системы «человек + LLM»
Команды людей и ИИ-агентов, совместно решающие задачи (multi-agent reasoning, исследовательские ассистенты, коллективные планировщики).

Рекомендательные системы
Пользователи генерируют сигналы, алгоритмы их усиливают/подавляют; человек-алгоритм образуют единую когнитивную систему (пример: TikTok).

Соцсети с алгоритмическими лентами
Лента формируется взаимодействием людей и алгоритмов ранжирования; по-сути, общая «когнитивная машина» человек+ИИ.

Гибридные системы управления
Умные города, датчики и ИИ принимают решения, люди-операторы корректируют, образуя смешанный контур управления.

Коллаборативная робототехника (cobots)
Роботы, работающие бок о бок с человеком: совместная сборка, ко-обучение, гибкое распределение задач.

Гибридные научные коллективы — распределённый научный интеллект.
ИИ генерирует гипотезы и анализ, человек проверяет и интерпретирует, затем ИИ дообучается

DAO (децентрализованная автономная организация, функционирующая через смарт-контракты в блокчейне.) + ИИ
Автономные организации, где решения принимают вместе голосующие люди и ИИ-агенты, анализирующие данные и предложения.



ITMO UNIVERSITY

Основные свойства РИС vs Лазер

Децентрализованность
Ни один агент не обладает полным контролем или знанием — интеллект возникает из структуры взаимодействий.

Локальные правила → глобальное поведение
Глобальные решения и паттерны формируются на основе локальных реакций агентов на среду и друг на друга.

Адаптивность и обучение
РИС способна изменять своё состояние под действием новых данных, опыта и внешнего поля; механизмы обратной связи между агентами и средой усиливают одни состояния (паттерны, мнения, стратегии) и подавляют другие, что ведёт к самообучению и саморегуляции сети.

Эмерджентность
Свойства системы (координация, когерентные состояния, коллективное мнение) не выводимы из свойств отдельных агентов.

Устойчивость
Отказ или шум в отдельных узлах не разрушает работу системы.

Распределённый интеллект – фазовая синхронизация
Информационная обработка, принятие решений и вычисления происходят одновременно в разных частях сети.

Децентрализованность (активной среды)
Активная среда — ансамбль эмиттеров, где когерентный режим задаётся совместной динамикой всего ансамбля, а не отдельными элементами.

Локальные взаимодействия → глобальная когерентность
Когерентная мода формируется как результат локальных актов вынужденного излучения эмиттеров в одной фазе с проходящим полем.

Адаптивность и обучение (обратная связь)
Инверсия и усиление активной среды динамически изменяются под действием излучения и накачки, образуя замкнутый контур «поле–среда–поле».

Эмерджентность (возникновение когерентного режима)
При превышении порога генерации система проходит фазовый переход от некогерентного спонтанного излучения к единой когерентной моде.

Устойчивость (к шумам и дефектам)
Когерентный режим определяется целостной модой и статистикой ансамбля и сохраняется при шуме и частичных дефектах активной среды.

Распределённость (синхронизация мод и фазовая селекция)
Усиление и фиксация фазы реализуются по всему объёму активной среды как распределённый результат многократных взаимодействий поля с эмиттерами.



ITMO UNIVERSITY

Актуальность: Парадигма распределенного интеллекта

Распределенная интеллектуальная система (РИС)

Агенты естественного интеллекта:

- Люди

Агенты искусственного интеллекта:

- LLM- модели –
- Чат-боты, Нейросети, цифровые аватары

Приложения:

- ✓ Моделирование мультиагентных систем (корпоративные, технологические, социальные сети, и т.д.)
- ✓ Распределенные рекомендательные системы,
- ✓ Цифровые двойники,
- ✓ Сети сенсоров и интернет вещей,
- ✓ Управление персоналом, распространения информации, формирование мнений
- ✓ Поведенческая экономика и принятие решений в условиях неопределенности,
- ✓ Управление и предсказание рыночных процессов в условиях диффузии инноваций,
- ✓ Не инвазивное управление каскадными процессами в экономике и финансах.
- ✓ Маркетинг (вирусный).

ITMO

Модель социального лазера

Физический лазер

Контролирующее поле

Зеркало

Gain medium

Pumping

Некогерентная накачка

Когерентное световое поле

Социальный лазер (Солазер)

Имеем N агентов принятия решений (АПР) – (социальных атомов). Каждый АПР находится в одном узле сети **CRCSU**

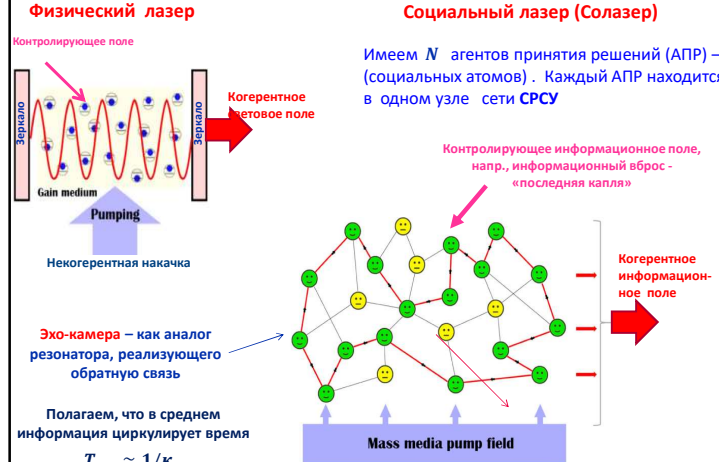
Контролирующее информационное поле, напр., информационный вброс – «последняя капля»

Когерентное информационное поле

Эхо-камера – как аналог резонатора, реализующего обратную связь

Полагаем, что в среднем информация циркулирует время $T_{res} \approx 1/\kappa$

Mass media pump field



Квантовоподобное моделирование агента принятия решений (АТР) **ITMO**

Суперпозиция ментальных состояний

Эмоционально возбужденное состояние $|e\rangle$

Основное (эмоционально нейтральное) состояние $|g\rangle$

АПР

Принятие решения

Решение А

Решение В

$$|\Psi\rangle = \alpha |\Psi_A\rangle + \beta |\Psi_B\rangle$$

Вектор когнитивного состояния АПР

Если $|\Psi_A\rangle \equiv |e\rangle$ и $|\Psi_B\rangle \equiv |g\rangle$ два взаимоисключающих ментальных состояния, то и их суперпозиция также является ментальным состоянием

$p_\alpha = |\alpha|^2$ - вероятность того, что вектор ментального состояния находится в $|\Psi_A\rangle$

$p_\beta = |\beta|^2$ - вероятность того, что вектор ментального состояния находится в $|\Psi_B\rangle$

- В каждый момент времени ментальное состояние НЕ определено,
- Квантовое ментальное состояние, как и любое квантовое состояние является очень хрупким, подверженным влиянию (измерению)

Квантовоподобное моделирование агента принятия решений (АТР) **ITMO**

Figure 2. Mapping of (a) Russell's circumplex model of affect onto (b) quantum-like two-level system (TLS) for the i -th NIA that interacts with information s -field; $i = 1, 2, \dots, N$. Each of the thirteen emotional states of the right half of the circle in (a) are mapped to social energy levels of an effectively two-level system in (b). These levels are grouped around two mutually exclusive mental states $|g\rangle_i$ and $|e\rangle_i$, respectively (the bold lines). Two vertical thick arrows establish the changes in NIA mental state when they absorb s -photon; Δ_i is the detuning from the resonant transition.

Микро-социология эмоционально окрашенных процессов в солзере **ITMO**

Квант социальной (s) информации – краткое смысловое сообщение испущенное, или поглощенное АПР

Возбуждение агента информационной накачкой

Накачка масс-медиа, скорость

Спонтанная (эмоциональная) релаксация агента

γ_D

Вынужденное испускание s -кванта

Этот процесс ответствен за рост каскада в сети!

Поглощение s -кванта

Спонтанное испускание s -кванта

Time

ITMO UNIVERSITY **Матрицы Паули, Повышающие и понижающие операторы**

Определения

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Коммутационные соотношения $[\sigma_i, \sigma_j] = 2i\epsilon_{ijk}\sigma_k$, $\epsilon_{ijk} = \begin{cases} +1 & \text{if } (i, j, k) \text{ is } (1, 2, 3), (2, 3, 1), \text{ or } (3, 1, 2), \\ -1 & \text{if } (i, j, k) \text{ is } (3, 2, 1), (1, 3, 2), \text{ or } (2, 1, 3), \\ 0 & \text{if } i = j, \text{ or } j = k, \text{ or } k = i \end{cases}$

Для спина-1/2 определяют:

$$\sigma_+ = \frac{1}{2}(\sigma_x + i\sigma_y), \quad \sigma_- = \frac{1}{2}(\sigma_x - i\sigma_y).$$

В явном виде:

$$\sigma_+ = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_- = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Они удовлетворяют:

$$\sigma_+|0\rangle = |1\rangle, \quad \sigma_-|1\rangle = |0\rangle,$$

$$\sigma_+|1\rangle = 0, \quad \sigma_-|0\rangle = 0.$$

Микро-социология эмоционально окрашенных процессов; спонтанные переходы

Без-излучательные переходы

Возбуждение агента информационной накачкой σ_i^+

Спонтанная (эмоциональная) релаксация агента $\gamma_D \sigma_i^-$

Основное (эмоционально нейтральное) состояние $|g\rangle$

Модифицированная модель

Накачка масс-медиа, скорость γ_P

В возбужденном состоянии АПР находится некоторое время $T_S \approx 1/\gamma_D$, определяемое его психофизическими характеристиками

γ_D — скорость (спонтанных) переходов в невозбужденное состояние

$\sigma_i^+ = (\sigma_i^-)^+$ — Оператор перехода (возмущения) i -го АПР $\hat{\sigma}_i^- = |g\rangle\langle e|$

Алгебра повышающих и понижающих операторов

Микро-социология эмоционально окрашенных процессов в солзере

Квант социальной (s) информации — краткое смысловое сообщение — испущенное, или поглощенное АПР

Поглощение s-кванта $a_v \sigma_i^+$

Спонтанное испускание s-кванта $a_v^+ \sigma_i^-$

Вынужденное испускание s-кванта

$\sigma_i^+ = (\sigma_i^-)^+$ — Оператор перехода (возмущения) i -го АПР

σ_i^- — Разность населенности, z-матрица Паули

a_v — Оператор уничтожения s-кванта

a_v^+ — Оператор рождения s-кванта

Коммутационные соотношения

$$[\hat{\sigma}_i^z, \hat{\sigma}_j^\pm] = \pm 2\delta_{ij}\hat{\sigma}_i^\pm, \quad [\hat{a}_i, \hat{a}_i^\dagger] = \delta_{ij},$$

$$[\hat{\sigma}_i^+, \hat{\sigma}_j^-] = \delta_{ij}\hat{\sigma}_i^z$$

Этот процесс ответствен за рост каскада в сети!

Time

Диффузия информации в солзере

Уравнение на число квантов диффузии $n_{ph} \equiv |\Psi|^2$

$$\dot{n}_{ph} = 2An_{ph} - 2Bn_{ph}^2 + 2r\sqrt{n_{ph}}$$

$$A = \frac{\kappa}{2}(C_T D_0 - 1), \quad B = \frac{C_T^2 \kappa^2 D_0}{(\gamma_P + \gamma_D)}$$

Информационный вброс отсутствует, $r=0$

$$n_{ph} = \frac{Ave^{2At}}{1 + Bve^{2At}}$$

$v = \bar{n}/(A - B\bar{n})$ \bar{n} — начальное значение

$r \neq 0$

$$n_{ph} = \frac{(e^{At}(A\sqrt{\bar{n}} + r) - r)^2}{A^2}$$

$r_c = A^2 \bar{n}$ критическое значение контролирующего инф. поля, при котором наступает усиление

Диффузия инноваций

Основные модели

Bass, F. M., A New Product Growth Model for Consumer Durables, Management Sci., Vol. 15, 215-227 (1969).

Rabikar Chatterjee and Jehoshua Eliashberg, The Innovation Diffusion Process in a Heterogeneous Population: A Micromodeling Approach, Management Science, Vol. 36, pp. 1057 (1990)

Kiesling, E., Günther, M., Stummer, C. et al. Agent-based simulation of innovation diffusion: a review. Cent Eur J Oper Res 20, 183–230 (2012)

Сymmetry breaking in collectives occurs when heterogeneous individuals adopt a common direction by exchanging information under generative dynamics.

James K Hazy, Innovation Reordering: Five Principles for Leading Continuous Renewal In book: Leadly Complexity (2009)

Зависимости основных параметров солзера в условиях диффузии инноваций

