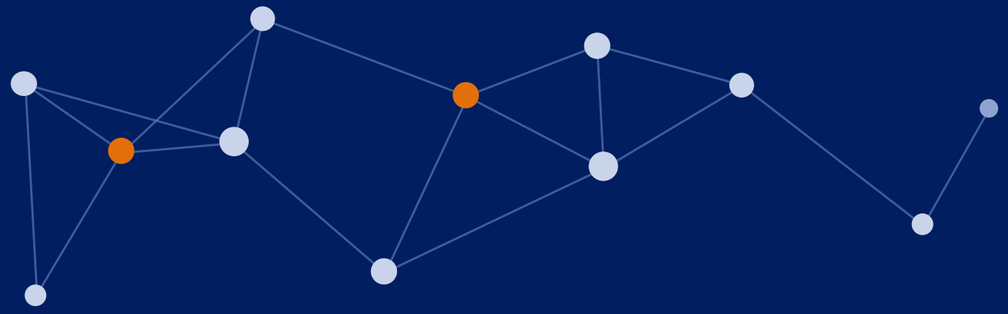
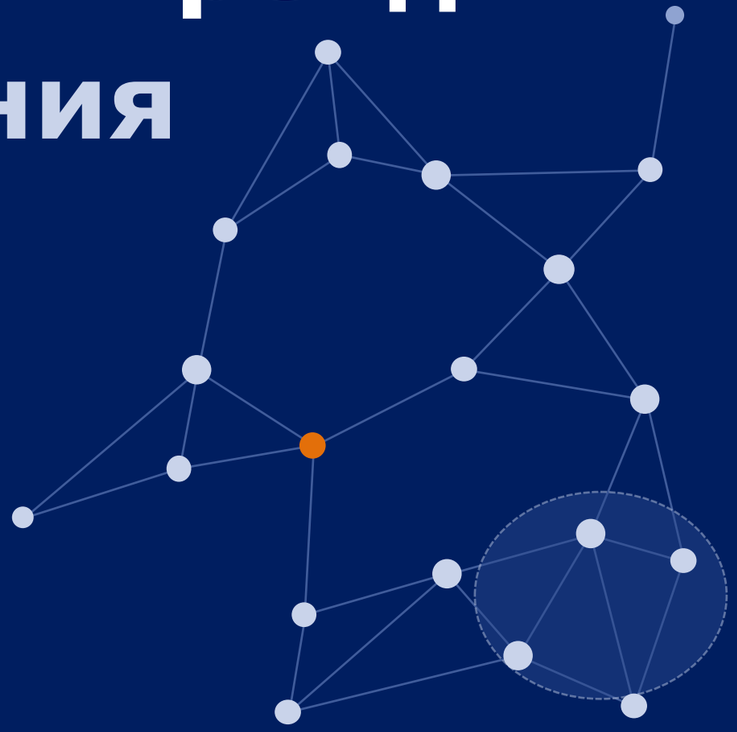
ИПУ РАН



Направления исследований и тренды в области сетевого управления социальными системами



Козицин Иван Владимирович

Москва, 2026

План доклада

1

Модели и методы сетевого управления

Адаптивные сети · взаимодействия высших порядков · управление структурой сети

2

Специфика социальных систем

ИИ как новый тип агентов · поведение человека: эмпирика и модели

3

Кратко о наших исследованиях

Влияние ИИ на мнения · коэволюция человека и ИИ · нелокальные эффекты в сетях

Адаптивные сети

Идея

Состояния вершин меняют их связи.
Изменившаяся сеть влияет
на состояния вершин в будущем.

Примеры: коэволюция мнений и контактов в социальных сетях, калибровка доверия, когнитивные карты.

Возможная постановка

$$\dot{x} = F(x, A)$$

$$\dot{A} = \varepsilon\, G(x, A, t)$$

x — состояния вершин, A — матрица весов связей;
F и G — законы их совместной динамики;
ε > 0 задает относительную скорость адаптации.

Текущий фокус

Устойчивость при неоднородности вершин
и адаптации связей. Спецвыпуск Chaos
об адаптивных сетях: 25 статей
(Yanchuk et al., 2025)

Конкретный результат

Достаточные условия линейной устойчивости
через частотные характеристики вершин и связей
(Kastendiek et al., 2025)

***Математический аппарат**: теория динамических систем, спектральная теория графов.*

Kastendiek, N., Niehues, J., Delabays, R., Gross, T., & Hellmann, F. (2025). Phase and gain stability for adaptive dynamical networks. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 35*(5), 053142. https://doi.org/10.1063/5.0249706

Yanchuk, S., Martens, E. A., Kuehn, C., & Kurths, J. (2025). Focus issue on recent advances in adaptive dynamical networks. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 35*(10), 100401. https://doi.org/10.1063/5.0300039

Взаимодействия высших порядков

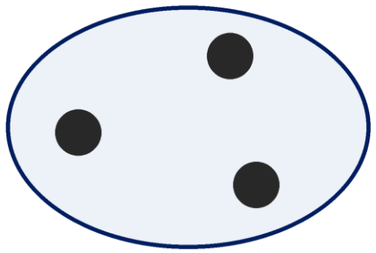
Идея

Совместное влияние нескольких участников не сводится к сумме парных воздействий.

Ребро



Гиперребро



Текущий фокус

- Восстановление взаимодействий по данным.
- Устойчивость и скачкообразные переходы при перколяции.
- Когда допустима редукция к парной модели? (Battiston et al., 2026)

Модель: парные и тройные влияния

$$\dot{x}_i = f_i(x_i) + \sum_j a_{ij}\, g(x_i, x_j) + \sum_{j,k} b_{ijk}\, h(x_i, x_j, x_k)$$

x_i: состояние узла, f_i: его собственная динамика;
a_{ij}, b_{ijk}: веса парных и тройных влияний;
h: совместное влияние j и k на i;
неразложимое в сумму двух парных влияний.

Конкретный результат

Триадная регуляция связей может вызывать скачкообразное появление гигантской компоненты.

***Математический аппарат**: теория динамических систем (анализ устойчивости и бифуркаций), теория перколяции (уравнения самосогласования, производящие функции) (Sun & Bianconi, 2024).*

Battiston, F., Bick, C., Lucas, M., Millán, A. P., Skardal, P. S., & Zhang, Y. (2026). Collective dynamics on higher-order networks. *Nature Reviews Physics, 8*(3), 146–159. https://doi.org/10.1038/s42254-025-00916-3

Sun, H., & Bianconi, G. (2024). Higher-order triadic percolation on random hypergraphs. *Physical Review E, 110*(6), Article 064315. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.110.064315

Управление структурой сети

Структурные воздействия

Добавление, удаление и перевзвешивание связей при ограниченном бюджете.
Цели: надежность, подавление каскадов, синхронизация.

Математический аппарат: *оптимизация на графах, стохастическое и робастное управление, байесовский вывод.*

Перспектива: дуальное управление

Интервенции меняют сеть и дают информацию о ее неизвестных параметрах. Политика учитывает, как эти сведения улучшат последующие решения.

Классификация (Галяев, 2026): [E, III, …]

Возможная постановка

$$A_{t+1} = A_t + u_t, \quad u_t = \pi_t(D_t) \in U_t$$

$$\min_{\pi \in \Pi} \mathbb{E}^{\pi} \left[\sum_{t=0}^{T-1} \ell(A_t, u_t) + \Phi(A_T) \mid D_0 \right]$$

A: матрица связей; u: воздействие;
D_t: доступная история; U_t: допустимые воздействия;
П: политики, соблюдающие ограничения и бюджет;
ℓ: текущие потери и регуляризация затрат;
Ф: терминальные потери.

Конкретный результат

Выбор вершин согласно их роли в поддержании обратных связей эффективнее разрушает сильную связность, чем выбор по степени или PageRank (Liu et al., 2026).

Liu, X., Hu, J., Wang, Y., Liu, Y.-Y., & Zhang, H.-T. (2026). Optimal dismantling of directed networks. Nature Communications, 17, 7866. https://doi.org/10.1038/s41467-026-74467-1

Управление сетевыми структурами: классификация предметной области

	Полная информация		Неполная информация	
Структура без управления	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков
Статичная	Управление связями	Управление гиперсвязями	Управление при неизвестной структуре	Выявление групповых влияний и управление
Адаптивная	Управление коэволюцией состояний и связей	Управление коэволюцией групп и состояний	Изучение сети и управление ее коэволюцией	**Идентификация и управление адаптивной гиперсетью**

Как управлять меняющейся сетью, одновременно уточняя ее структуру и групповые взаимодействия?

Berner et al. (2023); Boccaletti et al. (2023); Emelianova & Nekorkin (2025); Estrada et al. (2026).

ИИ – новый тип агентов в социальных системах

Социальные системы теперь гибридные.

Характеристика	Человек	ИИ-агент на основе языковой модели
Основа поведения	Личный опыт, мотивация, социальные нормы	Обученная модель, инструкции, контекст и доступные инструменты
Адаптация	Обучение в ходе опыта, изменение знаний и привычек	Изменение контекста и памяти. Обновление модели: отдельный процесс
Масштаб участия	Ограничены время, внимание и число одновременных контактов	Можно тиражировать и запускать много экземпляров параллельно
Контроль в эксперименте	Нельзя точно восстановить предыдущее состояние человека	Можно фиксировать модель и настройки, повторяя испытания из одного состояния

Для модели сети существенны различия механизмов принятия решений,
темпов адаптации и ограничений на взаимодействия участников.

Han, T. A., Leibo, J. Z., Lenaerts, T., Rahwan, I., Santos, F., Perc, M., & Capraro, V. (2026).
Social physics in the age of artificial intelligence [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2603.16900

Поведение человека (и ИИ): эмпирика и модели (I)

Включение ИИ меняет условия социальных взаимодействий,
закономерности поведения человека в этих условиях требуют эмпирического изучения.

Эксперименты с людьми

Нужны данные о выборе, обучении,
доверии и кооперации в разных условиях.
Они позволяют различать механизмы,
оценивать параметры и границы моделей.

Социальное влияние: один из примеров

Когда люди сближают мнения,
а когда усиливают разногласия?
Как это зависит от окружения и ситуации?

(Starnini et al., 2026)

Перспективность симуляций с ИИ

ИИ как объект исследования

Изучать его решения в разных контекстах
и сопоставлять с предсказаниями
теоретико-игровых и поведенческих моделей.

ИИ как инструмент моделирования

Формулировать гипотезы и развивать модели
поведения человека, исследуя сценарии,
труднодоступные для экспериментов с людьми.

Пример: Centaur обучен на данных 160 экспериментов. Модель предсказывает выбор
новых участников и обобщает ряд закономерностей на новые задачи (Binz et al., 2025).

Выводы о человеке требуют проверки на человеческих данных.

Starnini et al. (2026), Reviews of Modern Physics. Aher et al. (2023), ICML. Binz et al. (2025), Nature.

Наш фокус: три ключевых направления

II Влияние ИИ на мнения

Координация ИИ-агентов

Согласованные агенты могут создавать давление большинства. Важны их число и положение в сети.

Результат эксперимента

При несогласии с участником три агента смещали мнение сильнее одного. Для пяти преимущества не обнаружили. N = 93 (Song et al., 2025).

Условия изменения коллективного решения при согласованном воздействии.

III Коэволюция человека и ИИ

Совместная адаптация поведения и связей

Действия людей формируют данные для обучения ИИ. Поведение участников меняет и сеть связей.

$$x_{t+1} = F(x_t, \theta_t, A_t)$$

$$D_t \sim P(\cdot \mid x_t, \theta_t, A_t)$$

$$\theta_{t+1} = U(\theta_t, D_t)$$

$$A_{t+1} = G(A_t, x_t, \theta_t)$$

x: состояния людей, θ: параметры ИИ;
D: данные для обучения;
A: структура и веса связей.

Устойчивость и разнообразие при совместной адаптации поведения, алгоритмов и структуры сети.

IV Нелокальные эффекты

Модель Фридкина–Джонсона с памятью

Учитываются мнения на расстоянии, приходящие с запаздыванием.

$$x_{t+1} = \Lambda[W_1 x_t + W_2 x_{t-1}] + (I - \Lambda)s$$

s: убеждения, Λ: восприимчивость;
W_2: двухшаговое влияние;
$W_1 + W_2$: стохастическая матрица (обе ≥ 0).

Критерий устойчивости

$$\rho(\Lambda(W_1 + W_2)) < 1$$

При этом равновесие такое же, как в FJ-модели без памяти с матрицей $W_1 + W_2$.

План: учесть зависимость двухшагового влияния от структуры прямого окружения (Kozitsin & Proskurnikov, 2026).

Song et al. (2025), PACM HCI. Pedreschi et al. (2025), Artificial Intelligence. Berner et al. (2023), Physics Reports. Raineri et al. (2025), European Journal of Control. Kozitsin & Proskurnikov (2026), arXiv:2606.23530.

Направления исследований лаборатории

	Полная информация		Неполная информация	
Структура без управления	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков
Статичная				
Адаптивная				

Формализация механизмов

Предсказания для проверки

Социальная психология механизмы влияния, убеждения, доверия и кооперации

Обобщение результатов

Гипотезы и дизайн экспериментов

I Эмпирические исследования эксперименты с людьми и ИИ-агентами

Оценка параметров и проверка моделей

Направления исследований лаборатории

II Влияние ИИ на мнения людей

	Полная информация		Неполная информация	
Структура без управления	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков
Статичная	II	II	II	II
Адаптивная	II	II	II	II

Формализация механизмов

Предсказания для проверки

Социальная психология механизмы влияния, убеждения, доверия и кооперации

Обобщение результатов

Гипотезы и дизайн экспериментов

I Эмпирические исследования эксперименты с людьми и ИИ-агентами

Оценка параметров и проверка моделей

Направления исследований лаборатории

II Влияние ИИ на мнения людей

III Коэволюция человека и ИИ

	Полная информация		Неполная информация	
Структура без управления	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков
Статичная	**II**	**II**	**II**	**II**
Адаптивная	**II, III**	**II, III**	**II, III**	**II, III**

Формализация механизмов

Предсказания для проверки

Социальная психология механизмы влияния, убеждения, доверия и кооперации

Обобщение результатов

Гипотезы и дизайн экспериментов

I Эмпирические исследования эксперименты с людьми и ИИ-агентами

Оценка параметров и проверка моделей

Направления исследований лаборатории

II Влияние ИИ на мнения людей

III Коэволюция человека и ИИ

IV Нелокальные эффекты в сетях

	Полная информация		Неполная информация	
Структура без управления	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков	Парные взаимодействия	Взаимодействия высших порядков
Статичная	**II**	**II, IV**	**II**	**II, IV**
Адаптивная	**II, III**	**II, III, IV**	**II, III**	**II, III, IV**

Формализация механизмов

Предсказания для проверки

Социальная психология механизмы влияния, убеждения, доверия и кооперации

Обобщение результатов

Гипотезы и дизайн экспериментов

I Эмпирические исследования эксперименты с людьми и ИИ-агентами

Оценка параметров и проверка моделей

Влияние ИИ на мнение человека

Как сведения о собеседнике меняют эффективность убеждения?

Экспериментальный дизайн

ИИ получает возраст и пол. В условиях 2 и 3 добавляются результаты психометрических опросников.

Условие 1	Условие 2	Условие 3
Дополнительных сведений нет	Регуляторный фокус	Индивидуализм / коллективизм
Базовое условие	RFQ: достижения и предотвращение потерь	INDCOL: личные и групповые цели

Сведения о собеседнике

До диалога
Позиция и уверенность

→

Диалог с ИИ
Два обмена репликами

→

После диалога
Позиция и уверенность

ИИ отстаивает противоположную позицию.
Каждый участник обсуждает 3 темы из 6.

Дополнительно: убедительность аргументов и предполагаемый тип собеседника (человек или ИИ).

Результаты

152 участника, 456 диалогов

Три диалога у каждого участника.
Случайное распределение по условиям.

Совместная проверка различий

Персонализация меняет средний сдвиг к позиции оппонента ($p = 0.043$).

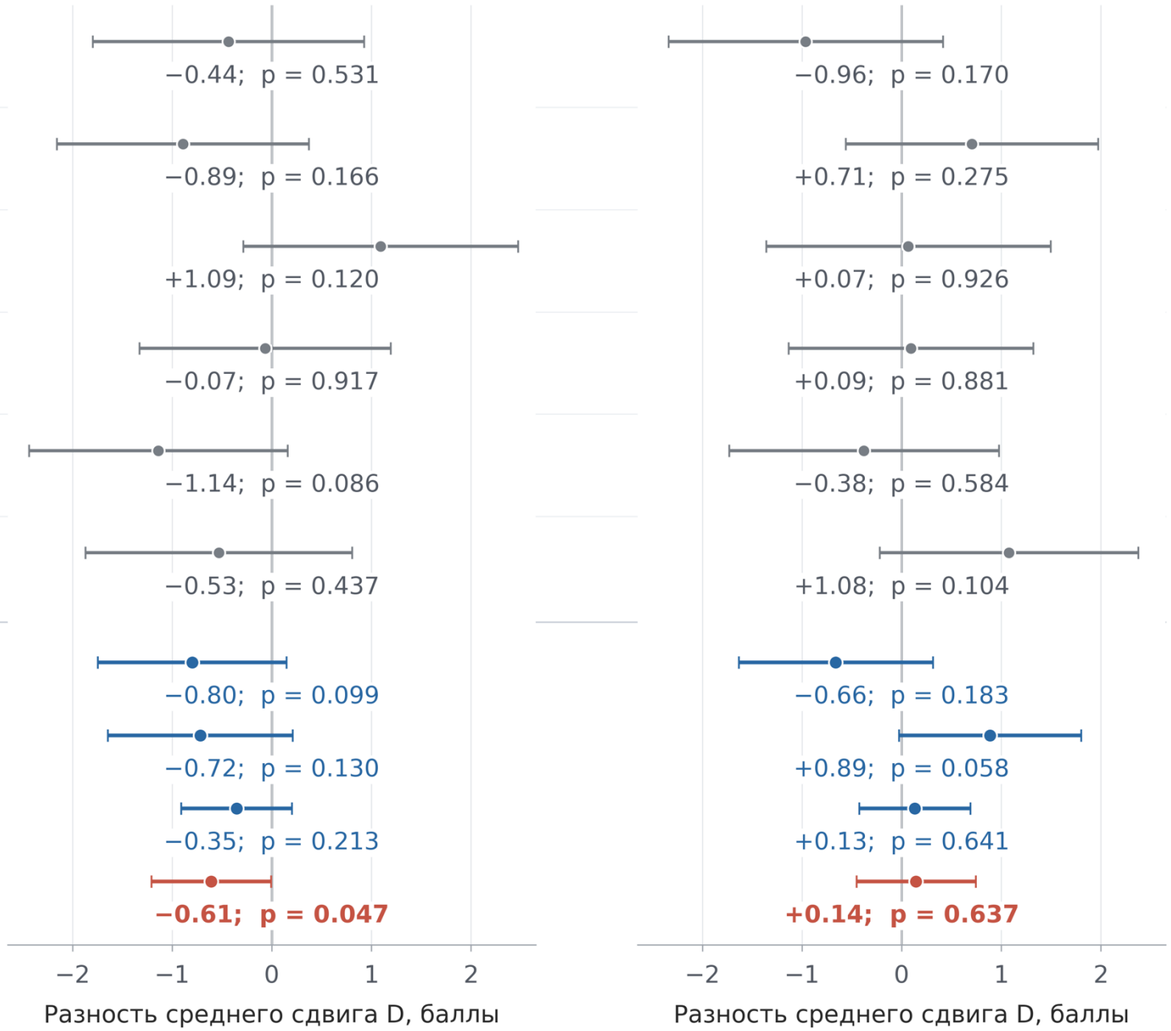
Смена стороны в 12.5% диалогов

Предварительные выводы

Оценки эффектов персонализации меняют знак между темами.
Предварительный анализ выявил связь между субъективной убедительностью аргументов и предполагаемым типом собеседника. Более низкие оценки наблюдались при ответе «точно ИИ».

Персонализация и тема обсуждения

Тема обсуждения	Условие 2 − условие 1	Условие 3 − условие 1
1. В крупных городах следует существенно ограничить использование личных автомобилей ради улучшения городской среды и экологии.	−0.44; p = 0.531	−0.96; p = 0.170
2. Следует запретить использование электросамокатов в местах движения пешеходов.	−0.89; p = 0.166	+0.71; p = 0.275
3. Редактирование эмбрионов для предотвращения тяжелых наследственных заболеваний допустимо.	+1.09; p = 0.120	+0.07; p = 0.926
4. Следует законодательно ограничить доступ детей младшего возраста к смартфонам и социальным сетям.	−0.07; p = 0.917	+0.09; p = 0.881
5. Правильно, когда мужчина, а не женщина, берет на себя финансовое обеспечение семьи.	−1.14; p = 0.086	−0.38; p = 0.584
6. Родители имеют право постоянно отслеживать геолокацию подростков через цифровые приложения ради их безопасности.	−0.53; p = 0.437	+1.08; p = 0.104
Темы 1 и 5, среднее	−0.80; p = 0.099	−0.66; p = 0.183
Темы 2 и 6, среднее	−0.72; p = 0.130	+0.89; p = 0.058
Все темы, среднее	−0.35; p = 0.213	+0.13; p = 0.641
Все темы, кроме темы 3, среднее	**−0.61; p = 0.047**	**+0.14; p = 0.637**



Условие 1: возраст и пол. Условие 2: дополнительно RFQ. Условие 3: дополнительно INDCOL.

Точки: оценки разности. Отрезки: 95% доверительные интервалы.

Положительная разность: больший сдвиг к позиции ИИ.

Спасибо
за внимание!

