

Соловьева Татьяна Владимировна

аспирант

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева»

г. Красноярск, Красноярский край

Алмазова Екатерина Сергеевна

аспирант

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева»

г. Красноярск, Красноярский край

Музалев Константин Сергеевич

ассистент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ И ЭНДОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В ЛОКАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Аннотация: представлено агентное исследование спонтанного возникновения организационных структур из локальных правил выбора партнеров. Сравнены модели со случайным обновлением связей и эндогенной памятью. Выявлены два архетипа самоорганизации: модульно-гомофильный и иерархически-селективный. Экспериментальная серия из 2640 статистических прогонов с факторным анализом показала, что эндогенная память усиливает выраженность стратегий: централизация в режиме *High-quality* возрастает с 0,309 до 0,401, модулярность при стратегии гомофилии – с 0,347 до 0,389, индекс Джини достигает 0,698.

Ключевые слова: агентное моделирование, самоорганизация, сетевой анализ, организационные структуры, кластеризация, эмерджентность.

Введение: классическая проблема эмерджентности в менеджменте заключается в понимании того, как макроскопические свойства организации возникают из микровзаимодействий агентов без прямого назначения ролей. В работе последовательно рассматриваются две версии сетевой динамики: стохастическая замена связей при заполнении емкости и эндогенная память, где сила связи зависит от истории взаимодействий.

Модель и микроправила: популяция состоит из 100 агентов с атрибутами skill и communicationSkill. Агенты выбирают партнеров на основе четырех стратегий: случайной, гомофилии (сходство), высокого качества и комплементарности. В эндогенной модели каждая связь имеет вес, который усиливается при повторных контактах и затухает со временем. Проведено 2640 статистических прогонов с факторным анализом.

Операционализация эмерджентных управленческих свойств выполнена через систему сетевых метрик: иерархия и концентрация оцениваются через централизацию входящих связей, индекс Джини и максимум входящих; самокластеризация – через глобальную кластеризацию, число сообществ и модулярность; однородность – через среднее сходство; функциональная специализация – через среднюю комплементарность.

Результаты: локального выбора партнера достаточно для формирования макроструктур. Стратегия гомофилии приводит к модульной кластеризации, а стратегии высокого качества и комплементарности – к иерархической концентрации входящих связей (рост централизации и индекса Джини). Емкость сети не является нейтральным параметром: она взаимодействует со стратегией, усиливая или сохраняя режимы. Эндогенная память не создает новых типов структур, но усиливает историческую зависимость и выраженность стратегий за счет параметров затухания и начальной силы связи.

Таблица 1

*Сравнение макроскопических показателей организационных структур
при стохастическом и эндогенном механизмах обновления связей
(базовые серии, $N=100$ агентов, емкость=8)*

Стратегия	Механизм	Центра- лизация	Модулярность	Индекс Джини	Комплемен- тарность
Случайная	Стохастический	$\approx 0,02$	$\approx 0,08$	$\approx 0,09$	$\approx 0,12$
Случайная	Эндогенный	$\approx 0,03$	$\approx 0,09$	$\approx 0,10$	$\approx 0,13$
Гомофилия	Стохастический	0,08	0,35	0,21	0,18
Гомофилия	Эндогенный	0,09	0,39	0,23	0,19
Высокое качество	Стохастический	0,31	0,17	0,62	0,27
Высокое качество	Эндогенный	0,40	0,14	0,70	0,29
Комплементарность	Стохастический	0,30	0,16	0,60	0,38
Комплементарность	Эндогенный	0,39	0,13	0,67	0,38

Анализ табличных данных: представленные количественные показатели подтверждают существование двух устойчивых архетипов самоорганизации. Первый архетип – модульно-гомофильный – характеризуется низкой централизацией (0,08–0,09) при высокой модулярности (0,35–0,39) и умеренном индексе Джини (0,21–0,23). Такая конфигурация соответствует организационной структуре, в которой агенты самоорганизуются в изолированные сообщества по признаку сходства без формирования явных координационных центров. Второй архетип – иерархически-селективный – проявляется при стратегиях высокого качества и комплементарности: централизация достигает 0,30–0,40, индекс Джини – 0,60–0,70, а модулярность снижается до 0,13–0,17. Это отражает концентрацию входящих связей на ограниченном числе «хабов», что структурно эквивалентно возникновению неформальных лидеров или координационных узлов.

Ключевой вывод таблицы состоит в систематическом усилении стратегий при переходе к эндогенной памяти. Для стратегии высокого качества централизация возрастает на 29% (с 0,31 до 0,40), индекс Джини – на 13% (с 0,62 до 0,70), а модулярность дополнительно снижается. Для гомофилии модулярность увеличивается на 11% (с 0,35 до 0,39), что означает более четкое разграничение сообществ. Случайная стратегия остается практически инвариантной к механизму обновления, что подтверждает гипотезу о том, что эндогенная память не создает структуру «из ничего», а усиливает уже существующий селективный потенциал локальных правил выбора партнера.

Наиболее выраженным параметром эндогенной модели является скорость затухания связей (decay rate): факторный анализ показывает частичную $\eta^2 \approx 0,815$ для взаимодействия со стратегией, что свидетельствует о ключевой роли времени

жизни связи в трансляции локального выбора в макроскопическую организационную структуру. Низкая начальная сила связи заставляет новые контакты подтверждать свою значимость через повторные взаимодействия, а медленное затухание продлевает влияние ранних различий, усиливая зависимость от пути развития (path dependence).

Заключение: результаты подтверждают концепцию эмерджентных свойств управления как структур, формирующихся на пересечении локального выбора, структурных ограничений и памяти связей. Количественные метрики двух архетипов – модульно-гомофильного и иерархически-селективного – устойчиво воспроизводятся в 2640 независимых прогонах и систематически усиливаются при введении эндогенной памяти. Дальнейшие исследования будут направлены на формализацию вероятности перехода между макро-режимами и гармонизацию экспериментального дизайна для строгого каузального сравнения двух механизмов обновления связей при едином горизонте моделирования.

Список литературы

1. Адаптивный энергоменеджмент на базе моделей онлайн-обучения как фактор социально-экономической эффективности предприятий / О. О. Олейникова, Д. А. Ткаченко, Г. В. Кораблева, А. С. Прудкий // Стратегии устойчивого развития: социальные, экономические и юридические аспекты : материалы II Всероссийской научно-практической конференции (Чебоксары, 26 августа 2026 г.). – Чебоксары : Среда, 2026. – С. 221–224. – EDN JGZIZE.

2. Кораблева, Г. В. Анализ и совершенствование возможностей поддержки процессов управления качеством автоматизированными ERP-системами / Г. В. Кораблева, А. Н. Ушаков // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 5(166). – С. 1088–1094. – DOI 10.34925/EIP.2024.166.5.224. – EDN BABPJJ.

3. Кораблева, Г. В. Совершенствование процессов планирования на предприятиях за счёт внедрения автоматизированных систем поддержки принятия решений / Г. В. Кораблева // Ресурсосбережение. Эффективность. Развитие : сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции (Донецк,

1 ноября 2024 г.). – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 63–65. – EDN WIOIYS.

4. Интерпретируемые модели машинного обучения в задачах оценки экологической и промышленной безопасности горнодобывающих предприятий / Л. А. Казаковцев, А. С. Прудкий, И. А. Вахрушева, А. Н. Лосев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – № 1. – С. 169–174. – EDN GNIXFD.

5. Панфилов, И. А. Нейросетевой метод опережающего выявления предаварийных перегрузок в рудничных распределительных сетях / И. А. Панфилов, М. В. Журавлев, Е. Ф. Малыха // Безопасность труда в промышленности. – 2026. – № 7. – С. 7–13. – DOI 10.24000/0409-2961-2026-7-7-13.