

МОДЕЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОСТОМ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СЕТИ ЛОКАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА С АВТОНОМИЗИРОВАННЫМИ ФИНАНСАМИ¹

MODEL GROWTH MANAGEMENT OF THE LOCAL COMMUNITY ENTREPRENEURIAL NETWORK WITH AUTONOMOUS FINANCE

A. Apanasenko
A. Panachev
D. Berg

Summary. The article describes a hybrid model of the local community entrepreneurial network and simulation experiment conducted using it. The model is implemented in the Anylogic modeling environment and contains control parameters. Ones allow setting the conditions for an experiment: network expansion and surplus capital use strategies, use of internal money. This makes it an important tool for experimental research on the development of local communities with autonomous finance. The experimental results analysis facilitates the management decisions making regarding the development of local entrepreneurial communities economy.

Keywords: model management, simulation experiment, system dynamics, agent-based modeling, hybrid model, entrepreneurial networks, local community, autonomous finance, additional means of payment.

Апанасенко Анастасия Владимировна

Аспирант, Уральский федеральный университет
им. Первого президента России Б. Н. Ельцина
(г. Екатеринбург)
stacy-chan@yandex.ru

Паначев Антон Анатольевич

Аспирант, Уральский федеральный университет
им. Первого президента России Б. Н. Ельцина
(г. Екатеринбург)

Берг Дмитрий Борисович

Д.ф.-м.н., профессор, Уральский федеральный
университет им. Первого президента
России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

Аннотация. В статье описаны гибридная модель предпринимательской сети локального сообщества и имитационный эксперимент, проведенный с её помощью. Модель реализована в среде моделирования Anylogic и содержит управляющие параметры, позволяющие настроить условия эксперимента: стратегии расширения сети, применение излишков капитала, использование внутренних денег. Это делает её важным инструментом экспериментального исследования развития местных сообществ с автономизированными финансами. Анализ результатов эксперимента облегчает принятие управленческих решений по развитию экономики местных предпринимательских сообществ.

Ключевые слова: модельное управление, имитационный эксперимент, системная динамика, агентное моделирование, гибридная модель, предпринимательские сети, локальное сообщество, автономизированные финансы, дополнительные средства расчётов.

Введение

Оbjectом данного исследования является предпринимательская сеть локального сообщества. Предпринимательская сеть — это несколько предприятий, объединённых общими целями и использующих общие ресурсы. Особенность деятельности такого объединения — направленность на успешность не только отдельных участников, но и сети в целом [1]. Одна из основных проблем, с которыми сталкиваются

местные сообщества — недостаток или неравномерное распределение финансирования [2]. Взаимозависимость предприятий, объединённых в предпринимательскую сеть, усугубляет негативное влияние этого фактора.

Способом преодоления этой проблемы может стать формирование финансовой автономии локального сообщества. Под финансовой автономией местных сообществ понимается определенный действующим законодательством набор прав граждан, проживающих

¹ Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 19–010–00974 «Экспериментальные институциональные модели автономизации финансов местных сообществ в условиях снижения доверия населения к участию в бюджетном процессе».

на конкретной территории, позволяющий последним самостоятельно обеспечивать формирование местных бюджетов, их эффективное распределение и использование [5]. В данной работе рассматривается технологическое направление автономизации финансов — создание и использование локальным сообществом дополнительного средства расчётов.

Предпринимательская сеть — пример сложной экономической системы. Такие системы с трудом поддаются изучению из-за большого количества элементов, связей между ними и трудно предсказуемым эффектам, порождаемым ими. Это объясняет сложность проведения эксперимента. С одной стороны, он необходим для эмпирического подтверждения принятия решений в рамках научного подхода к управлению. С другой стороны, финансовые и трудовые затраты на его проведение могут быть неоправданно высоки. Либо проведение эксперимента, охватывающего, если не всю систему, то хотя бы её часть, совсем не представляется возможным [4].

Именно потенциальная возможность проводить эксперименты без ограничений для проверки самых смелых гипотез подтолкнуло авторов к созданию компьютерной имитационной модели локальной предпринимательской сети.

Модель локальной предпринимательской сети представляет собой гибридную имитационную модель, совмещающую два подхода: агентный и системно-динамический [3, 6]. По подходам к моделированию её можно разделить на уровни. Внешний уровень — агентная модель. Сеть представлена как популяция агентов, каждый из которых — сетевой партнёр. Внутренний уровень — системная динамика, отражающая финансовые потоки предприятия-участника сети.

Основными исходными данными для модели выступает матрица денежных транзакций предприятий муниципалитета за месяц. Числа выражены в тысячах денежных единиц, эта единица измерения применяется для всех финансовых показателей модели. Матрица состоит из 47 элементов и включает только предприятия, образующие замкнутые контуры. Она была сбалансирована добавлением 48 элемента — домохозяйств. Предполагается, что домохозяйства являются полноправными участниками предпринимательской сети, потребляя продукцию других партнёров и представляя важный ресурс — рабочую силу. Полученные данные были приняты за плановые показатели работы сети, на основе которых рассчитываются фактические показатели.

Также существенными данными для функционирования модели являются начальный капитал каждого пред-

приятия. Этот показатель был определён по отрасли, к которой относится участник сети. Кроме того, по данным имеющейся матрицы было рассчитано количество связей каждого сетевого партнёра. Сортировка по этим двум показателям позволила получить два набора данных. В одном участники сети отсортированы от самых дешёвых (по стоимости присоединения к сети) к более дорогим. В другом — от самых значительных (по количеству связей) к менее значительным.

Гибридная имитационная модель в Anylogic

Гибридная имитационная модель реализована в среде моделирования Anylogic. На первом экране (запуск моделирования) находятся элементы управления для настройки управляющих параметров модели:

1. Стратегия расширения сети (Growth Method) — определяет, в каком порядке к сети будут присоединяться новые участники. Именно этот параметр указывает на то, с какого из двух листов будут считываться данные для моделирования.
2. Стратегия применения излишков капитала (Capital Use) — позволяет выбрать, для чего будут использованы излишки капитала. Излишками считаем объём денежных средств, который предприятие получило за плановый период сверх плановых показателей. Они могут быть использованы на присоединение к сети новых агентов или на пополнение капитала тех участников сети, чьи затраты превысили доходы.
3. Использование внутренних денег (insideMoneyUse) — включает использование внутренних денег — виртуальных единиц расчёта, которые выступают в качестве средства обмена между участниками сети в случае недостатка или отсутствия у них реальных денежных средств [7].

На втором экране (агентный уровень) визуализирована предпринимательская сеть в виде графа, вершины которого — участники сети. Цвет их пиктограмм отражает состояние предприятия (красный — убыточное, желтый — среднее, зелёный — успешное). Такое цветовое кодирование позволяет визуально отразить общее состояние сети, уровень успешности каждого сетевого партнёра и их изменения в динамике.

На этом же экране расположены итоговые показатели, отражающие состояние системы:

- ◆ среднее (aveConnectCount) и общее (sumConnectCount) количество связей агентов;
- ◆ средний капитал агентов (aveCapital);
- ◆ общий денежный оборот сети (sumMoneyTurnover);
- ◆ общие излишки капитала (sumCapitalSurplus);

$$r = \frac{\text{sumState}}{\text{delSumState}} \tag{1}$$

$$\text{capital} \frac{d}{dt} = \text{receivedMoney} - \text{paidMoney} \tag{2}$$

$$\text{capitalSurplus} \frac{d}{dt} = \text{moneySurplus} \tag{3}$$

$$\text{moneySurplus} = \begin{cases} \text{capital} > \text{startCapital}, \text{capital} - \text{startCapital}, \\ \text{иначе } 0 \end{cases} \tag{4}$$

$$\text{moneyTurnover} \frac{d}{dt} = \text{abs}(\text{paidMoney}) \tag{5}$$

- ◆ суммарное количество использованных внутренних денег (sumInsideMoney);
- ◆ количество агентов всего (entCount) и в нормальном, т.е. не убыточном, состоянии (sumState).

Ещё один итоговый показатель — r — коэффициент, отражающий прирост жизнеспособности предпринимательской сети (1).

где sumState — количество агентов в нормальном (не убыточном) состоянии на текущем шаге,
delSumState — количество агентов в нормальном состоянии на предыдущем шаге.

Все перечисленные итоговые показатели находятся в прямой зависимости от состояния моделируемой предпринимательской сети. Чем выше их значения, тем более успешным можно считать её функционирование. Единственное исключение — sumMoneyTurnover. Большой оборот сети может свидетельствовать как об активности денежного обмена, так и о значительных суммах долга участников сети.

Также на этом экране расположены графики некоторых итоговых показателей, которые будут подробнее описаны при фиксации результатов имитационного эксперимента.

По клику на пиктограмму агента происходит переход на третий экран (уровень системной динамики). Внутри каждого агента находится совокупность системно-динамических переменных и связей между ними. Основанные системно-динамические переменные модели:

1. Капитал предприятия (capital). Уровень системной динамики, начальное значение которого равно Java-переменной startCapital, а его уравнение имеет вид (2), где receivedMoney — полученные средства, поток системной динамики,
paidMoney — выплаченные средства, поток системной динамики.

Данные для системно-динамического моделирования денежных потоков предприятия генерируются на основе плановых значений с помощью генерации случайных чисел по закону равномерного распределения.

2. Излишки капитала (capitalSurplus) — общая сумма средств, потраченных на поддержку проблемных предприятий из фонда предпринимательской сети, уровень системной динамики (3), где moneySurplus — средства, потраченные на поддержку проблемных предприятий из фонда предпринимательской сети, поток системной динамики (4).

3. Общий оборот денежных средств агента (moneyTurnover), уровень системной динамики (5).

Сможет ли участник сети произвести расчёты с партнёрами, зависит от его состояния на конкретном шаге моделирования. Переходы из одного состояния в другое реализованы через диаграмму состояний Anylogic. А взаиморасчёты между агентами — в виде передачи сообщений между агентами. Для этого сначала создаются связи между агентами, а после по ним происходит передача сообщений, содержащих суммы платежей.

Таблица 1. Значения управляющих параметров по прогонам

Параметр	Прогон 1	Прогон 2	Прогон 3
growthMethod	Cheap First	Big First	Big First
capitalUse	to Add	to Replenish	to Add
insideMoneyUse	false	false	true

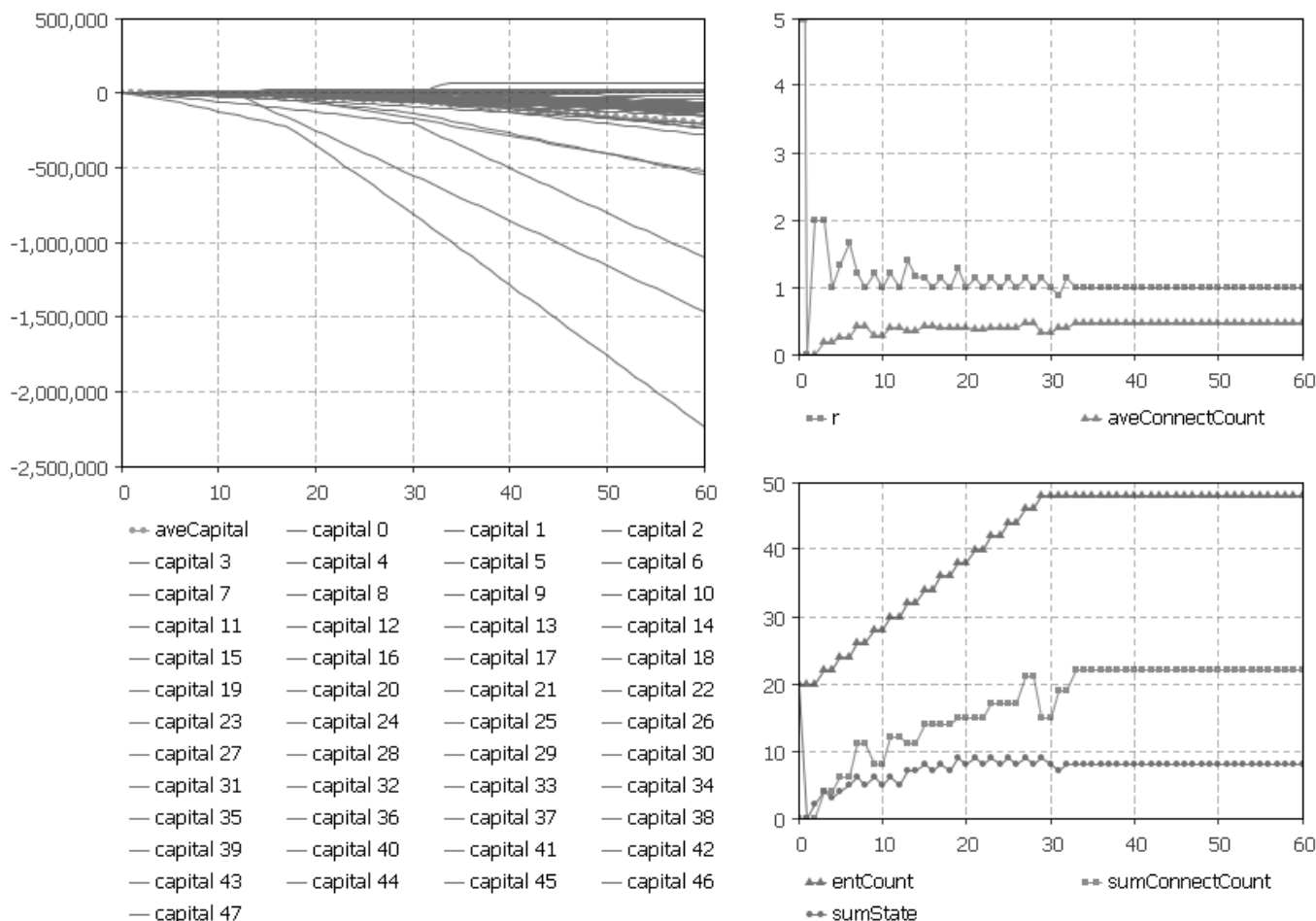


Рис. 1. Графики основных итоговых показателей прогона 1

Проведение компьютерного имитационного эксперимента

С помощью разработанной модели был проведен компьютерный имитационный эксперимент. Его целью было проверить влияние на состояние локальной предпринимательской сети различных стратегий управления (способа расширения сети, использования излишков капитала) и автономизации финансов (введения внутренних денег). Для этого в среде имитационного моделирования Anylogic последовательно осуществлялись прогоны модели с различными комбинациями управляющих параметров (таблица 1). Шаг моделирования составляет 1 месяц, длительность шага — 1 единица мо-

дельного времени, время одного прогона — 60 шагов (5 лет).

На рисунках 1–3 приведены графики уровней капитала всех агентов модели. Расположенные на одном графике они дают общее представление об успешности предприятий сети. Значения основных результирующих переменных представлены рядом на соответствующих графиках:

Видно, что в первом случае значение capital некоторых участников сети опускаются сильно ниже нуля и постепенно таких становится всё больше. Применение излишек капитала на поддержку проблемных участников

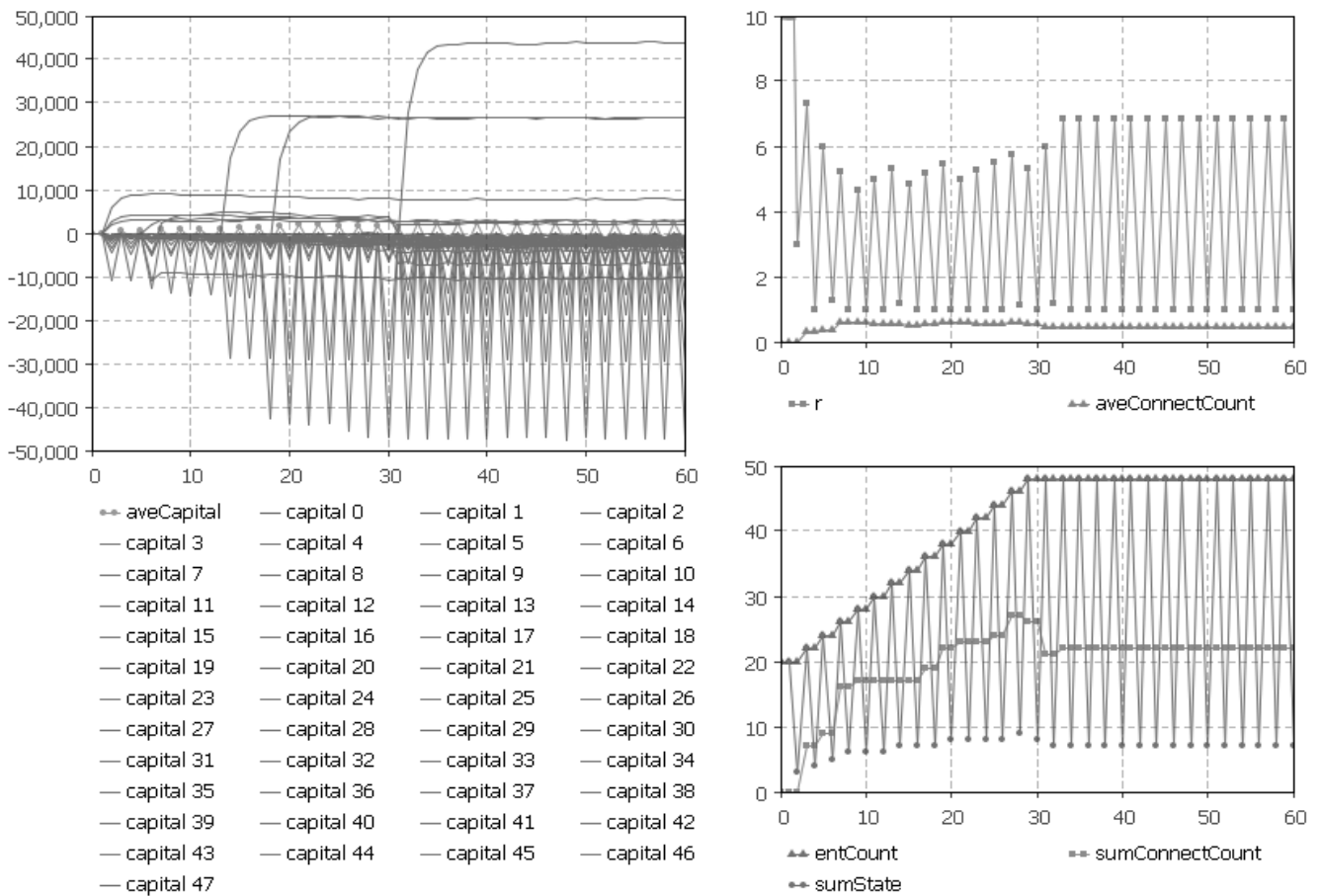


Рис. 2. Графики основных итоговых показателей прогона 2

в целом компенсирует эту проблему, но на графике заметны регулярные провалы. Они иллюстрируют недостаток этого подхода: недостающие средства могут быть получены только на следующем шаге обмена, когда однозначно определены излишки. Решить эту проблему позволяют внутренние деньги. Это заметно и на графиках — в последнем прогоне они, даже в худших случаях, колеблются около нуля. Значит, все участники сети способны к обмену большую часть времени, что можно назвать успешным функционированием. Это подтверждают и значения других результирующих переменных (таблица 2):

Данные эксперимента позволяют сделать вывод о том, что присоединение к сети самых крупных участников из возможных выгоднее, чем присоединении самых дешевых. Но по сравнению с другими, влияние этого параметра меньше. Применение излишек капитала на помощь участникам сети, оказавшимся в критической ситуации, лучше влияет на её благополучие, чем их применение для присоединения новых членов. Поддержание имеющихся связей обеспечивает большую стабильность сети, чем появление новых узлов, т.к. выход из сети даже одного элемента может повлиять на мно-

жество других, сильнее, чем появление нового. Но только ввод внутренних денег — средства автономизации финансов, обеспечивающего обмен в любой ситуации, независимо от прочих факторов, позволяет говорить о полностью стабильном функционировании сети.

Выводы

С технической точки зрения, гибридная имитационная модель, предложенная в данном исследовании, совмещает в себе преимущества двух подходов к имитационному моделированию. Так же, как агентная модель, она позволяет отразить структуру сети и состояние системы в целом, легко масштабировать модель, меняя количество агентов. При этом, как системно-динамическая модель, наглядно демонстрирует финансовые потоки внутри предприятия и состояние каждого участника сети в динамике.

С точки зрения практического применения, разработанная модель является важным инструментом поддержки принятия решений при управлении деятельностью местных сообществ с автономизированными

Таблица 2. Значения результирующих переменных по прогонам

Переменная	Прогон 1	Прогон 2	Прогон 3
sumMoneyTurnover	16 014 719,560	16 096 453,688	5 484 036,293
sumCapitalSurplus	4 440 310,943	4 310 810,112	4 315 388,481
sumInsideMoney	0	0	244 603,125

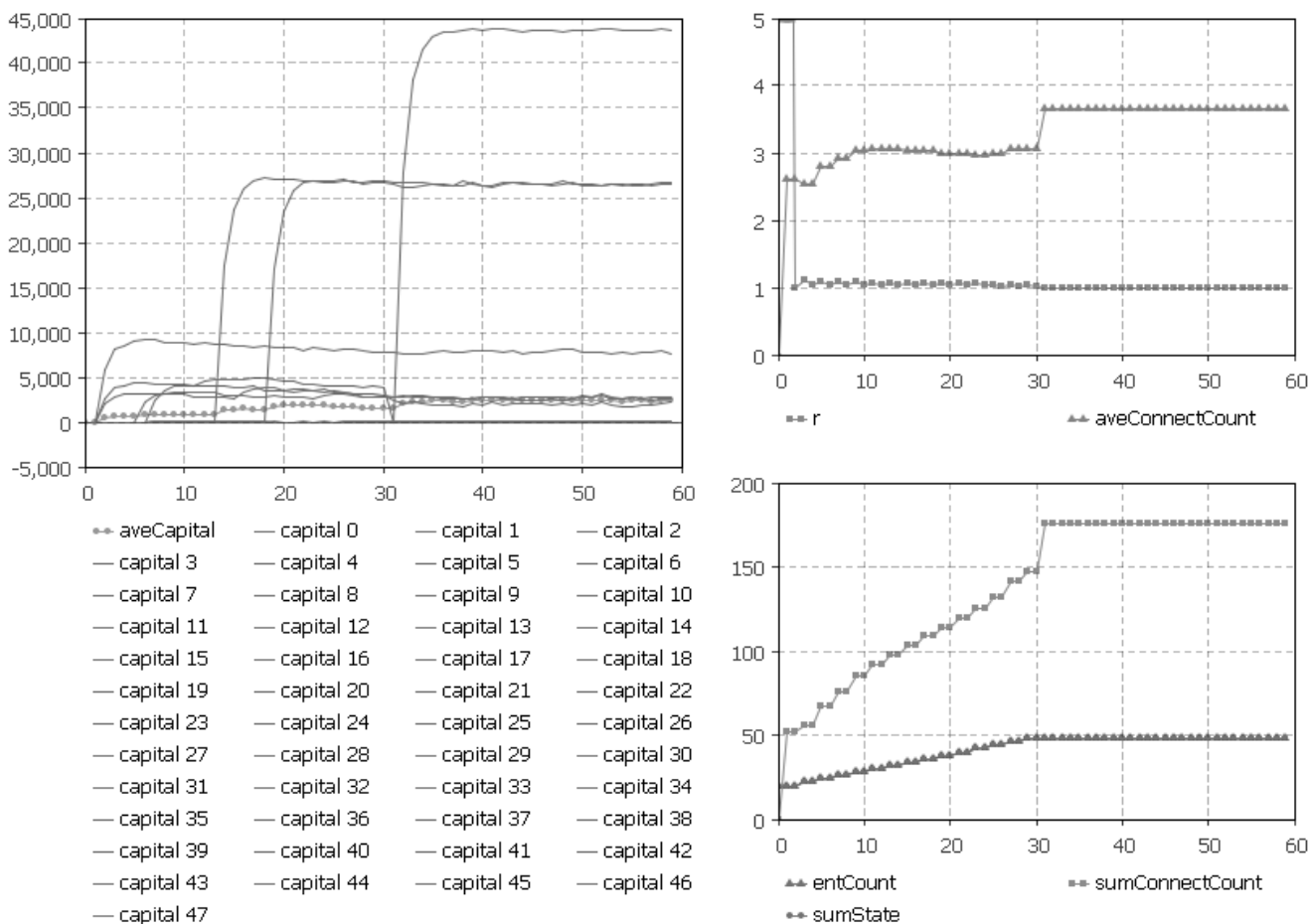


Рис. 3. Графики основных итоговых показателей прогона 3

финансами. Она даёт возможность не только экспериментально подтвердить или опровергнуть выдвинутые гипотезы, но и наглядно продемонстрировать результаты принятия того или иного решения. Последнее может

быть полезно, когда нужно донести особенности функционирования предпринимательской сети до людей, не погруженных глубоко в предметную область, например, потенциальных инвесторов или общественности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаул А. Н., Скуматов Е. Г., Локтеева Г. Е. Методологические аспекты формирования и развития предпринимательских сетей / Под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула. — СПб.: Гуманистика, 2004. — 256 с.
2. Зубаревич Н. Тенденции развития российских регионов [Электронный ресурс] // Выступление на 470-м заседании Совета Федерации. URL: <http://council.gov.ru/events/news/111162/> (дата обращения: 28.12.2020).
3. Каталевский Д. Ю. Системная динамика и агентное моделирование: необходимость комбинированного подхода [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/articles/sistemnaya-dinamika-i-agentnoe-modelirovanie-neobkhodimost-kombinirovannogo-podkhoda/> (дата обращения: 28.12.20).

4. Рузанов А. И., Рузанов П. А. Компьютерное моделирование поведения сложных экономических систем [Электронный ресурс] / А. И. Рузанов, П. А. Рузанов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки, 2014. — № 4 (36). — С. 69–75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-modelirovanie-povedeniya-slozhnyh-ekonomicheskikh-sistem> (дата обращения: 28.12.2020).
5. Шеломенцев А. Г., Сятчихин С. В. Особенности междисциплинарного подхода к исследованию форм самоорганизации местных сообществ в сфере финансов [Электронный ресурс] / А. Г. Шеломенцев, С. В. Сятчихин // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика, 2019. — № 3 (29). — С. 24–32. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42656976> (дата обращения: 28.12.2020).
6. Hybrid simulation modelling in operational research: A state-of-the-art review / S. C. Brailsford, T. Eldabi, M. Kunc, N. Mustafee, A. F. Osorio // European Journal of Operational Research. — 2019. — 278. — P. 721–337.
7. The model of localized business community economic development under limited financial resources: computer model and experiment [Electronic resource] / D. Berg, R. Davletbaev, O. Zvereva, D. Nodjenko // E3S Web of Conferences, 2016. — Vol. 601001. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160601001> (дата обращения: 28.12.2020).

© Апанасенко Анастасия Владимировна (stacy-chan@yandex.ru),

Паначев АнтонАнатолевич, Берг Дмитрий Борисович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина