



ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Татаренко Татьяны Александровны на диссертацию Королева Алексея Васильевича на тему: «Математические модели управления в экономических системах с сетевой структурой», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика.

Institut für Automatisierungstechnik
und Mechatronik

Fachgebiet
Regelungsmethoden und Robotik

Благодаря процессам глобализации общества и росту интереса к комплексным структурам особое внимание уделяется таким исследовательским областям как анализ социальных сетей, экономика сетей и игры на сетях.

Landgraf-Georg-Str. 4
64283 Darmstadt

Tel. +49 6151 16 - 25048
Fax +49 6151 16 - 25058
tatiana.tatarenko@rnr.tu-
darmstadt.de
www.rnr.tu-darmstadt.de

Обычно структура взаимодействия участников в соответствующих системах описывается ориентированным или неориентированным графом, в котором каждый участник/игрок/агент отождествляется с одной из вершин, а каждая дуга определяет характер взаимодействия между соединяемыми ею агентами системы. Разработанные теоретические подходы находят применение при анализе поведения реально существующих и интенсивно развивающихся сетей, таких как Интернет, социальные группы людей, экономические отношения между странами и т.д. Таким образом, исследования в этой области, имеющие не только теоретический характер, но и обладающие практической значимостью, несомненно актуальны и своевременны.

Диссертация Королева Алексея Васильевича представляет собой комплексное исследование математических моделей управления в экономических системах. Работа изложена в пяти главах, ее объем - 506 страниц, которые включают 8 таблиц, 45 рисунков и список литературы (225 источников). Первая глава посвящена общим математическим моделям управления экономическими системами без акцента на влиянии сетевого взаимодействия. В начале этой главы уделяется внимание теоретическим вопросам типологии сетей и различным мерам центральности вершин.

Seite: 1/5



Кроме того, приводится и исследуется модель теории контрактов, в которой учитываются экологические переменные. Это позволяет подробно изучить работу механизма выработки политики экологического регулирования. Анализ показывает, что при одном и том же «рамочном» механизме результирующая экономическая политика существенно зависит не только от экономической эффективности и доли фирм разного типа, но и от того, кто именно – общество или регулятор – принимает решение о применении объединяющего или разделяющего механизма, и кто находится у власти и принимает решение о допустимых уровнях загрязнения. В частности доказано, что в развивающихся и переходных экономиках следует ожидать назначения объединяющего (нерыночного) механизма. Также интересен вывод о том, что не всегда возможно успешное внедрение институтов, которые зарекомендовали себя эффективными в промышленно развитых странах, в произвольно взятую переходную или развивающуюся экономику. Следующий вопрос, затронутый в первой главе, касается вычисления «справедливой цены» купли-продаж фирмы. Соответствующие вычисления проведены впервые с помощью численного метода Бычкова для решения систем интегро-дифференциальных уравнений Лотки – Вольтерра, который позволяет достичь любой наперед заданной точности. Далее рассматриваются модели эндогенного экономического роста. С помощью математического аппарата теории оптимального управления и принципа Понтрягина изучены сбалансированные и равновесные траектории роста. Более того, подробный анализ равновесных траекторий при различных соотношениях между эластичностью выпуска по физическому капиталу и эластичностью выпуска по внешнему действию человеческого капитала позволяет оценить верность гипотез Лукаса относительно существования единственной предельной равновесной траектории при фиксированном начальном состоянии и доминировании траектории с началом в состоянии с большими уровнями человеческого и физического капитала. Последний раздел первой главы использует методы вариационного исчисления для изучения вопроса влияния человеческого капитала в моделях экономического роста на таких пространственных структурах как



линия и окружность. Приведена наглядная интерпретация результатов с помощью графиков изменения фазовых переменных при фиксированном наборе параметров.

Совершенно справедливо заметив, что сетям с производством в литературе уделяется недостаточное внимание, автор заполняет этот пробел и предлагает новые теоретико-игровые модели на сетях с производством и экстерналиями (Главы 2 и 3). В этих моделях рассматриваются сети произвольного вида, а в их вершинах располагаются агенты, которые в первом периоде получают доход, распределяемый между инвестициями в знания и потреблением. Потребление второго периода определяется производством, которое зависит как от собственных инвестиций, так и от инвестиций, сделанных ближайшими соседями по сети. Таким образом, выигрыш каждого агента зависит от структуры взаимодействия целой сети, что приводит к формулировке игры.

Глава 2 посвящена исследованию равновесий по Нэшу в предложенной модели игры и поведению игроков в этих равновесиях (пассивные, активные, гиперактивные игроки). В Главе 3 моделируется и изучается динамика такой игры в процессах объединений и соответствующего приспособления агентов к новым условиям как в дискретном, так и в непрерывном времени, как с гомогенными, так и с гетерогенными агентами в сетях с различной типологией. Исследуются вопросы устойчивости равновесия и переходного процесса между равновесиями. Кроме того, уделяется внимание переходной динамике в моделях со случайной составляющей характеристик агентов, смоделированной броуновским движением. Рассматриваются случаи изолированного агента, динамики приспособления в диаде и треугольнике. Используется лемма Ито для решения соответствующих систем стохастических дифференциальных уравнений и закон повторного логарифма для качественного анализа их решений.

В Главах 4 и 5 исследуются теоретико-игровые модели управления мнениями на примере маркетинговых сетей. Глава 4 рассматривает игры без фазовых ограничений, в то время как Глава 5 направлена на изучение игровых моделей, в которых состояния управляемой динамической системы всегда удовлетворяют условиями гомеостаза. В обеих главах



исследуются как статические игры с равноправными агентами, так и иерархические модели с присутствием координирующего Центра. Приняты во внимания бюджетные ограничения как в форме равенств, так и в форме неравенств. Аналитически построены соответствующие равновесия Нэша и Штакельберга. Все полученные аналитические результаты сопровождаются маркетинговой интерпретацией. В частности показано, что в моделируемой задаче с условием гомеостаза, так же как и в соответствующей задаче без условия гомеостаза, имеет место полная согласованность интересов (индекс системной согласованности равен 1). Этот факт приводит к следующему интересному заключению: Центр не заинтересован в предоставлении агентам влияния больших ресурсов, чем им нужно при своем рациональном поведении, направленном на максимизацию собственного выигрыша.

Вместе с тем имеются следующие замечания к диссертационному исследованию:

- 1) В приведенном обзоре литературы хотелось бы увидеть больше ссылок на актуальные работы. Всего лишь несколько работ 2019-2021го годов упоминаются в контексте управления мнениями в социальных сетях и частной задачи стохастического случая переходной динамики в сетевой игре с гетерогенными агентами.
- 2) Формулировка и применения принципа максимума Понтрягина требуют уточнения. Как определены функции f_i на стр. 34 и как получен гамильтониан на стр. 123 осталось непонятным.
- 3) Моделирование динамики в процессе приспособления агента (максимизации локальной полезности) в определениях 3.1.2.1 и 3.2.2.1 приведено без мотивации/пояснений.
- 4) Было бы полезным увидеть более подробное объяснение результатов Следствия 3.4.1.2. В частности, непонятен предельный переход в п.3): первый множитель в (3.4.1.9) ($\exp\{\dots\}$) стремится к бесконечности.
- 5) Интересен вывод о полной согласованности интересов игроков в задачах управления мнениями. Каково интуитивное объяснение этого результата? Что в модели гарантирует эффективность равновесий?



Представленные выше замечания не умаляют ценность проведенного исследования и разработанных теоретических положений.

Диссертация Королева Алексея Васильевича на тему: «Математические модели управления в экономических системах с сетевой структурой» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Королев Алексей Васильевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета
научный сотрудник Технического Университета Дармштадт,
Dr. rer. nat. Татаренко Татьяна Александровна

Дата 29.12.2021