

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Мирзахмедовой Гулбану Абсаматовны на тему «Разработка и исследование алгоритмов синтеза управления зависимых от состояния для динамических экономических систем» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070300 – Информационные системы»

Актуальность темы исследования. Бурное развитие информационных процессов, необходимых для достижения целей управления в любой отрасли, выдвинуло на первое место создание компонентов информационной системы. Рост объема научной, технической, политической, экономической информации для эффективной работы в соответствующих областях человеческой деятельности создает необходимость в широком использовании информационных технологий в управлении. Соответственно, в научной, технической и экономической сферах возрастает потребность в разработке информационных систем различного характера. На сегодняшний день актуальна возможность использования экономико-математических методов и моделей для принятия оперативных решений, соответствия аналитических данных конкретным процессам, анализа конкретных финансовых и производственных условий. Так как в качестве управлений в таких моделях выступают, в конечном итоге, те или иные объемы финансирования, то при планировании требуется определить оптимальные, с точки зрения того или иного критерия, объемы финансирования по секторам, направлениям экономики с целью перехода за заданный период времени в то или иное состояние экономической системы.

Исследования, проведенные в диссертационной работе, относятся к подходам применения методики SDRE к экономическим системам, одной из наиболее динамично развивающихся в последние годы областей теории математического управления. Стоит отметить возможность решения задач планирования, где математические модели могут содержать и ограничения на значения управлений, в виде замкнутых множеств, что в подходе SDRE получено впервые. В диссертационной работе проведены инвестиции в отрасли экономики страны, определение балансовых отношений трудовых ресурсов, создание базы данных по статистическим данным, математическое моделирование трехсекторных замкнутых систем экономики. Разбивка последствий экономики страны на сектора позволяет принимать решения о распределении ресурсов стратегией развития, оценивая эффективность доли каждого сектора.

Исходя из выше изложенного, актуальность диссертационной работы:

- Определение эффективного объема финансирования секторов с целью приведения экономической системы в желаемое состояние в течение определенного периода времени при планировании эффективного распределения ресурсов, поскольку в качестве управления в экономических моделях возникает проблема финансирования отраслей.
- Учитывая ограниченность распределяемых ресурсов и нелинейность экономической модели, в связи со сложностью создаваемой математической модели, в краткосрочном и долгосрочном планировании экономических систем целесообразно постоянное развитие подходов к сбалансированному распределению трудовых и инвестиционных ресурсов и поиск новых подходов.

Цель исследования:

- Исследование параметров информационной системы для трехсекторной экономической модели, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями и системой алгебраических уравнений.
- Создание алгоритма построения синтетического управления для трех секторной экономической модели, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями и системой алгебраических уравнений.

Задачи исследования: Для достижения цели, поставленной в диссертационной работе, рассматриваются следующие задачи

- Создание базы данных с учетом основного фонда продукции, выделяемого отраслям экономики страны, объема выпускаемой продукции по этим отраслям и количества занятых;
- Разработка модуля распределения ограниченных ресурсов для информационной системы управления отраслями экономики;
- Обработка численного решения задач управления распределением ограниченных трудовых и инвестиционных ресурсов для краткосрочного и долгосрочного планирования нелинейных экономических систем;
- Программно реализовать алгоритм планирования распределения ресурсов с учетом ограничений, наложенных на инвестиционные и трудовые ресурсы в экономических системах.

Объект исследования представляет собой математическую модель трехсекторных экономических систем, заданную системой дифференциальных и нелинейных алгебраических уравнений.

Предмет исследования: определение трудовых и инвестиционных ресурсов для трехсекторной экономической модели, обеспечивающих сбалансированный экономический рост.

Методы исследования: Метод расширения Кротова, метод множителей Лагранжа, метод последовательного приближения, метод SDRE, языки программирования.

Научная новизна исследовательской работы.

1. Разработан алгоритм синтеза нелинейного регулятора с обратной связью для нелинейных систем (SDC) на **неограниченном** интервале на основе подхода SDRE, который отличается наличием специальных функций $\lambda_1(t), \lambda_2(t)$ для обеспечения распределения инвестиционных и трудовых ресурсов балансовых соотношений при **долгосрочном** планировании трехсекторной экономической системы.

2. Разработан алгоритм синтеза нелинейного регулятора с обратной связью для нелинейных систем (SDC) на **конечном** интервале на основе подхода SDRE, который отличается наличием специальных функций $\lambda_1(t), \lambda_2(t), W(t), q(y, t)$ для обеспечения распределения инвестиционных и трудовых ресурсов балансовых соотношений при **краткосрочном** планировании трехсекторной экономической системы.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- Изучение экономической модель распределения инвестиционных и трудовых ресурсов при выполнении балансовых соотношений и создать модуль информационной системы, реализующий алгоритм решения задачи управления для экономических систем;

- Применение модуля информационной системы в процессе краткосрочного и долгосрочного планирования для нелинейной трехсекторной экономической модели объекта;

- Создание управления синтезом, которое зависит от состояния траектории для нелинейных динамических систем для планирования распределения ресурсов;

Полученные результаты используются в распределении отраслей экономики по секторам, обеспечивающих сбалансированный рост экономики страны, и в планировании эффективного распределения инвестиционных и трудовых ресурсов в этих секторах.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Использование метода множителей Лагранжа специального типа для математической модели трехсекторной экономической системы, заданной сбалансированными относительными балансовыми отношениями, позволяет планировать секторную экономику.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованной литературы и 3

приложений. Составляет 116 страниц машинописного текста, в который входят 6 таблицы, 22 рисунков.

Во введении отражена актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследовательской работы, объект исследования, предмет исследования, метод исследования, научная новизна исследовательской работы, основные результаты выносимые на защиту. Также приведен список статей, опубликованных в ходе исследования.

В первом разделе дается понятие нелинейных экономических систем, обзор работ по изучению задачи управления трехсекторных экономических систем, работы ученых, изучавших секторные экономические системы. Также будет представлена математическая постановка задачи управления экономическими системами.

Во втором разделе дается математическое представление трехсекторной экономической системы путем введения новых обозначений в нелинейные экономические системы, заданные системой дифференциальных уравнений, рассматривается задача стабилизации, синтеза нелинейных систем, коэффициенты которых зависят от объекта управления. Определяется аналитическое решение задач управления нелинейными системами, пределы траектории которых задаются различными ограничениями, и строятся алгоритмы их решения.

В третьем разделе проводится краткое изложение понятия информационной системы управления, истории их возникновения. Приводится алгоритм решения задачи управления трехсекторными экономическими системами. Определяются показатели и параметры экономической системы. С использованием статистических данных из открытого источника данных базы данных агента РК по статистике и планированию определяются количественные параметры управленческого учета трехсекторной экономической модели.

В четвертом разделе во втором разделе проводятся экспериментальные расчетные работы по алгоритмам определения решения эффективного управленческого учета для одного класса экономических систем, строятся графики траектории движения системы и эффективного управления, эффективного распределения трудовых и инвестиционных ресурсов. Для количественного параметра, необходимого для реализации алгоритма, берутся параметры, определенные в третьем разделе.

В заключительной части отражены основные результаты и выводы диссертационной работы.

Личный вклад соискателя. Основные результаты по построению стабилизирующих и синтезирующих методов управления, а также разработка методов исследования, алгоритмов численных расчетов и интерпретация результатов проведения вычислительных экспериментов, таблицы и графики получены самостоятельно соискателем. Постановки задач оптимального управления для динамических систем и методы их решения были предложены научным руководителем З.Н. Мурзабековым и согласованы зарубежным консультантом М.Г. Дмитриевым.

Апробация результатов диссертации. Основное содержание диссертации обсуждалось на научных семинарах и докладывалось на научных конференциях: «IV Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ЭЛЕМИ»», г. Алматы, 11-15 апреля 2017 г, КазНУ имени аль-Фараби; XLI Международной научно-практической конференции: «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», г. Алматы, 3-4 апреля 2017 г. и 18 апреля 2018 г, КазАТК имени М.Тынышпаева; «Международная конференция по дифференциальным уравнениям и динамическим системам», Россия, г.Суздаль, 06 - 11 июля 2018г; III Международной научной конференции «Информатика и прикладная математика» г.Алматы, 26-29 сентября 2018 года, ИИиВТ МОН РК; «23-rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)» Румыния, г. Синая, 09 -11 октября 2019г; 17-я Международная Азиатская Школа-Семинар «Проблемы оптимизации сложных систем

(OPCS21)», Новосибирск, РФ, 13-17 сентября 2021г. Диссертационная работа обсуждалась на научных семинарах кафедры «Информационные системы», КазНУ им. аль-Фараби.

Опубликованность результатов. Основные результаты, полученные по теме диссертационной работы, опубликованы в 18 печатных работах, в том числе:

4 научных статей в журнале, индексируемом Scopus:

1. Murzabekov, Z., Milosz, M., Tussupova, K., Mirzakhmedova, G. «Problems of Optimal Control for a Class of Linear and Nonlinear Systems of the Economic Model of a Cluster». *Vietnam Journal of Computer Science*, 2020, 7(2), p.109–127, <https://doi.org/10.1142/S2196888820500062> (Scopus 2021: CiteScore-1.3; Percentile- 26%)
2. Murzabekov, Z.N., Mirzakhmedova, G.A. «Construction of Control with Constraints for Nonlinear Systems with Coefficients Depending on the Control Object State». *Journal of Mathematical Sciences (United States)*, 2020, 250(1), p. 76–82, <https://doi.org/10.1007/s10958-020-04999-4> (Scopus 2021: Q3, CiteScore-0.6; Percentile- 13%)
3. Murzabekov, Z., Milosz, M., Tussupova, K., Mirzakhmedova, G. «Development of an algorithm for solving the problem of optimal control on a finite interval for a nonlinear system of a three-sector economic cluster». *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022, 1(3-115), p. 43–52, <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252866> (Scopus 2021: Q2, CiteScore-2.0; Percentile- 38%)
4. Dmitriev, M.G., Murzabekov, Z.N., Mirzakhmedova, G.A. «An Algorithm for Finding Feedback in a Problem with Constraints for One Class of Nonlinear Control Systems». *Automatic control and computer sciences*. 56(7), p. 623–633 (2022). <https://doi.org/10.3103/S0146411622070033> (Scopus 2022: Q3, CiteScore-1.7; Percentile- 29%)

4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан:

1. Мирзахмедова Г.А., «Сызықты емес динамикалық жүйелерге арналған тиімді басқару есептерін зерттеу». *ҚазҰТЗУ хабаршысы* №3(121), 2017, 529-534 б.,
2. Мирзахмедова Г.А., «Экономикалық кластерлерді басқару». *ҚазҰТЗУ хабаршысы* №3(127), 2018, 460-465 б.,
3. Мурзабеков З.Н., Мирзахмедова Г.А. «Экономикалық кластер моделінің сызықты емес жүйесін оңтайлы тұрақтандыру есебі». *ҚазҰТЗУ хабаршысы* №1(131), 2019, с.152-158
4. Murzabekov Z.N., Mirzakhmedova G.A. «Stabilization of one nonlinear system with coefficients depending on the condition of the control object», *Journal of Mathematics, Mechanics and Computer science* №1(101), 2019, p. 76-86

В зарубежных научных журналах опубликованы 3 статьи:

1. Дмитриев М.Г., Мурзабеков З.Н., Макаров Д.А., Мирзахмедова Г.А. «Стабилизация в макроэкономической формально линейной системе управления в зависящими от коэффициентами». *Информационные технологии и вычислительные системы*, №2, 2019, с. 3-13. DOI: <https://doi.org/10.14357/20718632190201>
2. Дмитриев М.Г., Мурзабеков З.Н., Мирзахмедова Г.А., «Алгоритм нахождения обратной связи в задаче с ограничениями для одного класса нелинейных управляемых систем». *Моделирование и анализ информационных систем*, т.28, №3, 2021, с. 220-233, DOI: <https://doi.org/10.18255/1818-1015-2021-3-220-233>
3. Мурзабеков З.Н., Мирзахмедова Г.А., «Построение ограниченного управления для одного класса нелинейных систем с коэффициентами, зависящими от состояния объекта управления». *Проблемы математического анализа*, изд.: Новосибирск «Тамара Рожковская», 104, 2020г., с. 69-74

В сборниках международных научно-практических конференций, индексируемых на базе Scopus, опубликовано 2 научных статьи:

1. Dmitriev, M., Murzabekov, Z., Makarov, D., Mirzakhmedova, G., «SDRE based stabilization of the affine control system with the stationary linear part». *23rd International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC 2019 - Proceedings 2019*, p. 739–743, Sinaia, Romania, <https://doi.org/10.1109/ICSTCC.2019.8885437> (Scopus, Proceedings)
2. Dmitriev, M., Murzabekov, Z., Mirzakhmedova, G., «Stabilizing Regulator in One Class of Continuous System with Control Constraints». *17th International Asian School-Seminar "Optimization Problems of Complex Systems"*, OPCS 2021- Proceedings, 2021 p. 23–27. <https://doi.org/10.1109/OPCS53376.2021.9588763> (Scopus, Proceedings)

В сборниках международных научных конференций опубликовано 5 научных статей:

1. Мирзахмедова Г.А. «Динамикалық жүйелерге арналған тиімді басқарудың сызықты квадраттық есебі». *«Көліктегі инновациялық технологиялар: білім, ғылым, тәжірибе» атты ХІІ Халықаралық ғылыми - практикалық конференция*. 3-4 сәуір 2017 ж. т1, Алматы, 512-514 б.
2. Мирзахмедова Г.А., «Задачи оптимального управление для нелинейных динамических систем». *IV Международная научная конференция студентов и молодых ученых "ФАРАБИ ӘЛЕМІ"*. 11.04.2017-15.04.2017 г. Алматы: Қазақ университеті, 2017 с. 203-203
3. Мирзахмедова Г.А. «Экономикалық модельдің тиімді стационарлы күйін іздеу есебін шешу». *ХІІІ Халықаралық ғылыми - практикалық конференция*. 18 сәуір 2018ж. т2, Алматы, 343-346 б.
4. Мурзабеков З. Н., Айпанов Ш.А., Мирзахмедова Г.А. «Конструирование ограниченного управления для одного класса нелинейных систем с коэффициентами, зависящими от состояния объекта управления». *Международная конференция по дифференциальным уравнениям и динамическим системам*. Тезисы докладов, Суздаль, Россия, 6-11 июля 2018г., с.149-150.
5. Мурзабеков З.Н., Мирзахмедова Г.А. «Оптимальная стабилизация одной нелинейной системы экономической модели кластера». *III-Международная конференция «Информатика и прикладная математика»*, 26-29 сентября 2018г., Алматы, с. 154-163.

Получено 1 авторское свидетельство:

1. Мирзахмедова Г.А., Мурзабеков З.Н. «Разработка алгоритма для решения задач оптимального управления в среде Maple (Development of an algorithm for solving optimal control problems in the Maple environment)» 5.01.2023г.