АҢДАТПА

Көрпебай Гүлдана Төлеубекқызының
диссертациялық жұмысына
тақырыбы:

«Қарапайым және сызықтық интегро-дифференциалдық теңдеулердің басқарымды және тиімді жылдам әрекет ету теориясындағы интегралдық теңдеулер»

Диссертациялық жұмыс фазалық, интегралдық және басқару шектеулері бар динамикалық жүйелердің басқарылуы және оптималды жылдам әрекет ету есептерін зерттеуге арналған. Жұмыста сызықты, сызықтық емес және сызықты интегро-дифференциалдық динамикалық жүйелер қарастырылып, осы жүйелер үшін басқару есептерін шешудің конструктивті алгоритмдік әдістері ұсынылған. Зерттеуде ерекше назар ұсынылған алгоритмдерді құруға, оларды сандық әдістер арқылы жүзеге асыруға және модельдік есептерде олардың тиімділігін тексеруге аударылған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Қазіргі заманғы динамикалық жүйелер теориясы математика, механика және қолданбалы ғылымдардың маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Басқару теориясының әдістері физикада, механикада, энергетикада, робототехникада, экономикада және басқа да көптеген салаларда кездесетін күрделі динамикалық процестерді зерттеу және басқару үшін кеңінен қолданылады.

Басқару теориясының негізгі бағыттарының бірі басқарылу және оптималды басқару есептерін зерттеу болып табылады. Бұл бағытта оптималды жылдам әрекет ету есептері ерекше орын алады. Мұндай есептерде жүйені берілген бастапқы күйден қажетті соңғы күйге минималды уақыт ішінде жеткізетін басқаруды табу қажет болады.

Оптималды басқарудың классикалық теориясында мұндай есептерді зерттеудің бірқатар фундаменталды әдістері белгілі. Олардың қатарына Л.С. Понтрягиннің максимум принципі, Р. Беллманның динамикалық программалау әдісі және басқа да тәсілдер жатады. Бұл әдістер басқару есептерінің маңызды сапалық қасиеттерін, мысалы оптималды басқарудың бар болуы мен оптималдылықтың қажетті шарттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Алайда аталған әдістер көбінесе сапалық сипатқа ие және нақты басқаруды есептеу үшін алгоритмдерді тікелей бермейді. Әсіресе фазалық және интегралдық шектеулері бар, сонымен қатар сызықтық емес және интегро-дифференциалдық жүйелер үшін мұндай есептерді практикалық тұрғыдан шешу күрделі мәселе болып табылады.

Осыған байланысты басқарылу және оптималды жылдам әрекет ету есептерін зерттеудің конструктивті әдістерін құру, яғни басқаруды есептеуге мүмкіндік беретін алгоритмдер әзірлеу қазіргі таңда өзекті ғылыми мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері

Диссертациялық жұмыстың негізгі мақсаты фазалық және интегралдық шектеулері бар сызықты, сызықтық емес және сызықты интегро-дифференциалдық динамикалық жүйелер үшін басқарылу және оптималды жылдам әрекет ету есептерін шешудің конструктивті алгоритмдік әдістерін әзірлеу және оларды сандық модельдеу арқылы жүзеге асыру болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін жұмыста келесі міндеттер шешілді:

– фазалық және интегралдық шектеулері бар сызықты динамикалық жүйелер үшін басқарылу шарттарын алу;

– рұқсат етілген басқаруларды және оптималды басқару уақытын есептейтін алгоритмдер құру;

– сызықтық емес динамикалық жүйелер үшін басқарылу есебін функционалды минимизациялау есебіне келтіру;

– градиенттік сандық әдістерді құру және оларды модельдік есептерде тексеру;

– сызықты интегро-дифференциалдық жүйелер үшін басқару есептерін шешудің алгоритмдерін әзірлеу;

– ұсынылған алгоритмдерді бағдарламалық түрде жүзеге асырып, есептеу эксперименттерін жүргізу.

Зерттеу әдістері

Диссертациялық жұмыста Фредгольмнің бірінші текті интегралдық теңдеуінің шешімділігін зерттеуге және оның шешімін құруға негізделген.

Сонымен қатар функционалдық талдау әдістері, банах кеңістіктеріндегі минимизация әдістері, сандық оптимизация әдістері және есептеу моделдеу әдістері пайдаланылды.

Ғылыми жаңалығы

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы келесі нәтижелермен анықталады:

Фазалық және интегралдық шектеулері бар сызықты, сызықтық емес және сызықты интегро-дифференциалдық динамикалық жүйелер үшін басқарылу есептерінде рұқсат етілген басқаруды табудың конструктивті алгоритмдері әзірленді

Аталған жүйелер үшін оптималды жылдам әрекет ету есебін шешудің алгоритмдік процедуралары ұсынылды.

Ұсынылған алгоритмдердің Python бағдарламалау тілінде бағдарламалық жүзеге асырылуы жасалып, модельдік есептерде есептеу эксперименттері жүргізілді.

Зерттеудің негізгі нәтижелері

Диссертациялық жұмыста бірқатар теориялық және қолданбалы нәтижелер алынған.

Сызықты динамикалық жүйелер үшін фазалық және интегралдық шектеулер жағдайында басқарылу және оптималды жылдам әрекет ету есептерін шешудің алгоритмдік әдістері ұсынылды. Рұқсат етілген басқаруларды және оптималды басқару уақытын анықтауға арналған есептеу процедуралары құрылды.

Сызықтық емес жүйелер үшін басқарылу есебі функционалды минимизациялау есебіне келтірілді. Осы есепті шешу үшін градиенттік сандық алгоритмдер құрылды және олардың тиімділігі Дуффинг теңдеуі мен математикалық маятник мысалдарында тексерілді.

Сызықты интегро-дифференциалдық жүйелер үшін басқаруды есептеудің алгоритмдері әзірленіп, олардың тиімділігі есептеу эксперименттері арқылы дәлелденді.

Бағдарламалық жүзеге асыру

Диссертациялық жұмыстың маңызды нәтижелерінің бірі ұсынылған алгоритмдердің Python бағдарламалау тілінде жүзеге асырылған бағдарламалық кешенін құру болып табылады.

Жасалған бағдарламалық құрал келесі мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді:

– оптималды басқару уақытын анықтау;

– динамикалық жүйелердің қозғалысын модельдеу;

– басқару траекторияларын және жүйенің күйін визуализациялау.

Есептеу эксперименттері ұсынылған алгоритмдердің дұрыстығын және олардың практикалық қолданылу мүмкіндігін көрсетті.

Теориялық және практикалық маңыздылығы

Жұмыстың теориялық маңыздылығы басқару теориясының конструктивті әдістерін дамытуымен анықталады.

Практикалық маңыздылығы ұсынылған алгоритмдер мен бағдарламалық құралдарды әртүрлі динамикалық жүйелерді модельдеу және басқару есептерінде қолдану мүмкіндігімен байланысты.

Нәтижелердің сенімділігі

Алынған нәтижелердің сенімділігі қатаң математикалық дәлелдеулермен, қолданылған әдістердің ғылыми негізділігімен және жүргізілген есептеу эксперименттерінің нәтижелерімен расталады.

Ғылыми қорытындылар, олардың сенімділігі мен негізділігі

Зерттеу барысында алынған нәтижелер белгілі ғалымдардың бұрын жарияланған дәлелдемелерімен, халықаралық индекстелетін ғылыми

журналдардағы жарияланымдармен және ғылыми конференциялар материалдарымен расталады.

Жарияланымдар

Диссертация нәтижелері бойынша 10 ғылыми еңбек жарияланған.

1) Aisagaliev, S., Korpebay G. Controllability and optimal speed-in-action of linear systems with boundary conditions // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2023, Vol.110(2). – P. 21–34.

2) Aisagaliev, S., Korpebay G. Controllability and optimal fast operation of nonlinear systems // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2024, Vol.115(3). – P. 77-92.

3) Көрпебай Г.Т. Оптимальное быстродействие линейных систем с фазовыми и интегральными ограничениями. Уфимская осенняя математическая школа. г.Уфа. 1 октября 2022 г. С. 125-127.

4) Г. Т. Көрпебай Управляемость и оптимальное быстродействия линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с фазовыми и интегральными ограничениями. Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии и междисциплинарные подходы к решению прикладных задач науки», Атрауский университет имени Х. Досмұхамедов. г. Атырау, 6 октября 2025 г., страницы 154-155.

5) Көрпебай Г.Т. Интегральные уравнения в теории управляемости и оптимального быстродействия обыкновенных и линейных интегро-дифференциальных уравнений. Актуальные вопросы фундаментальной и прикладной математики, ноябрь 18-21, 2025, Усть-Каменогорск.

6) Korpebay G. Controllability and optimal performance of linear systems with phase constraints. IX International Scientific and Practical Conference «Modern science: fundamental and applied aspects», June 25-26, 2024, 31 p. Rome. ITALY. c. 18-20.

7) Korpebay G. Boundary value problems of linear control systems with phase and integral constraints. XIV International Scientific and Practical Conference «The modern vector of the development of science», June 27-28, 2024, Philadelphia, USA c. 41-43.

8) Г. Т. Көрпебай. Бірінші текті фредгольм интегралдық теңдеуінің шешімділігі және жуық шешімін құру әдісі // International Scientific Conference of Students and Young Scientists «FARABI ALEMI» Almaty, Kazakhstan, April 6-7, 2023 c. 19.

9) Г. Т. Көрпебай. Управляемость линейных систем с фазовыми и интегральными ограничениями // V International Book Edition of the countries of the Commonwealth of Independent States. Нур-султан .– 2022. – P. 62-72.

10) Г. Т. Көрпебай. Управляемость и оптимальное быстродействие линейных систем // VIII International Book Edition of the countries of the Commonwealth of Independent States. Нур-султан. – 2023. – P. 42-44.

Нәтижелердің маңызы және болашақ зерттеулер

Жұмыста алынған нәтижелер басқару теориясының конструктивті бағытта дамуына үлес қосады. Ұсынылған алгоритмдер басқарылу және оптималды жылдам әрекет ету есептерін практикалық тұрғыдан шешуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған әдістерді әрі қарай күрделі динамикалық жүйелер үшін дамыту, соның ішінде таралған параметрлі жүйелер, стохастикалық модельдер және кешігуі бар жүйелер үшін қолдану перспективалы бағыт болып табылады.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшадан тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 175 бет.

Бірінші бөлімде фазалық және интегралдық шектеулері бар сызықты жүйелер зерттеледі.

Екінші бөлімде сызықтық емес динамикалық жүйелер қарастырылады.

Үшінші бөлімде сызықты интегро-дифференциалдық жүйелер зерттеледі.

Алынған теориялық нәтижелер Python тілінде бағдарламалық түрде жүзеге асырылып, есептеу эксперименттері арқылы тексерілген.