Сіренко Андрій Сергійович, асистент кафедри міжна&shy;родної інформації Інституту міжнародних відносин Київ&shy;ського національного університету імені Тараса Шевченка: &laquo;Дослідження стійкості динамічних систем з перемикан&shy;нями та запізненням&raquo; (01.05.02 - математичне моделю&shy;вання та обчислювальні методи). Спецрада Д 26.001.35 у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова

праця на правах рукопису

СІРЕНКО АНДРІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 517.923.4

ДИСЕРТАЦІЯ

Дослідження стійкості динамічних систем з перемиканнями та

запізненням

01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата фiзико-математичних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і

текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.С. Сіренко

Науковий керівник:

Хусаінов Денис Ях'євич,

доктор фізико–математичних наук, професор

Київ – 2019

ЗМІСТ

Стр.

ВСТУП............................................................................................................................... 17

РОЗДІЛ 1. ГІБРИДНІ ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ . 23

1.1. Загальні поняття гібридних динамічних системах. Логіко–динамічні

системи, системи з перемиканнями......................................................................... 23

1.2. Методи дослідження гібридних систем. Дослідження стійкості розв’язків

гібридних систем за допомогою другого методу Ляпунова................................. 36

1.3. Нейронні мережі. Двигун зі сталим струмом.................................................. 40

1.4. Дослідження систем з перемиканнями ............................................................ 47

1.5. Висновки ............................................................................................................. 51

РОЗДІЛ 2. УМОВИ СТІЙКОСТІ РОЗВ’ЯЗКІВ СИСТЕМ З

ПЕРЕМИКАННЯМИ ..................................................................................................... 52

2.1. Стійкість систем з перемиканнями .................................................................. 52

2.1.1. Умови стійкості систем з визначеним перемиканням ........................ 54

2.1.2. Умови стійкості систем з перемиканнями, отримані на основі

існування спільної функції Ляпунова. ............................................................ 58

2.2. Існування спільної функції Ляпунова для систем лінійних диференціальних

рівнянь ........................................................................................................................ 62

2.3. Існування спільної функції Ляпунова для систем лінійних різницевих

рівнянь ........................................................................................................................ 73

2.4. Інтервальна стійкість лінійних різницевих систем......................................... 83

2.5. Висновки.............................................................................................................. 89

РОЗДІЛ 3. СТІЙКІСТЬ СЛАБО НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ................................... 90

3.1. Дослідження стійкості стану рівноваги слабо нелінійних систем без

запізнення методом функцій Ляпунова. ................................................................. 90

3.1.1. Слабо нелінійні системи на площині.................................................... 91

3.1.2. Дослідження стійкості системи в

n − вимірному просторі................. 95

3.2. Стійкість, рівномірна за запізненням............................................................... 99

3.2.1. Стійкість, рівномірна за запізненням на площині............................. 100

16

3.2.2. Стійкість, рівномірна за запізненням, в n – вимірному просторі. ... 106

3.3. Стійкість, нерівномірна за запізненням......................................................... 116

3.3.1. Системи із запізненням на площині.................................................... 116

3.3.2. Системи із запізненням в

n R ................................................................ 123

3.4. Умови стійкості слабо нелінійних систем з перемиканнями, отримані на

основі спільної функції Ляпунова ......................................................................... 129

3.4.1. Системи з перемиканнями з підсистемами звичайних

диференціальних рівнянь ............................................................................... 129

3.4.2. Системи з перемиканнями із запізненням.......................................... 135

3.5. Висновки ........................................................................................................... 141

ВИСНОВКИ.................................................................................................................... 143

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .................................................................. 145

ДОДАТОК 1. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ................. 162

ДОДАТОК 2. АПРОБАЦIЯ МАТЕРIАЛIВ ДИСЕРТАЦIЇ................................... 165

ДОДАТОК 3. ДОВIДКА ПРО ВИКОРИСТАННЯ В БЮДЖЕТНИХ ТЕМАХ №

11БФ015-01 І № 16БФ015-01 ТА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ В НАВЧАЛЬНИЙ

ПРОЦЕС.......................................................................................................................... 166

ВИСНОВКИ

Удисертацйнйробототриманновнауковообгрунтованрезультатидля

системдиференцальнихрзницевихрвняньзвикористаннямдругогометоду

Ляпуноваотриманіконструктивніоцінкистійкостіслабонелінійнихсистемиіз

запізненнямякіскладаютьсязпідсистемщоописуютьсядиференціальнимита

різницевимирівняннямиОтриманідостатніумовиіснуванняспільноїфункції

Ляпуновадлясистемзперемиканнями

Дисертацяєновимкомплекснимдослдженнямякеприсвяченерозробці

методівдослідженнядинамікипроцесівщомоделюютьсясукупністю

диференціальнихтарізницевихрівняньщопоєднанізаконамиперемиканняУ

дослдженннабулиподальшогорозвиткуметодисистемногоаналзузокрема

теорїрзницевихрвняньтеорїдиференцальнихрвняньтеорїстйкост

динамчнихсистем

Вдисертаціїотриманітакіновірезультати

вперше

−отриманоумовиіснуванняспільноїфункціїЛяпуновадлясистем

лінійнихдиференціальнихтарізницевихсистем

−отриманоумовиасимптотичноїстійкостінульовогостанурівноваги

системзперемиканням

−отриманоконструктивніумовиасимптотичноїстійкостістаціонарних

системззапізненням

удосконалено

−умовиінтервальноїстійкостііоцінкизбіжностірізницевихсистем

набулиподальшогорозвитку

−умовистійкостісистемззапізненням

Результатидисертацйноїроботибуливикористанврамкахнауковихдослідницькихтем№БФРозвитоктеоріїтастворенняпрограмноалгоритмічнихзасобівдлямоделюванняаналізуоцінкитаоптимізаціїскладних

системвумовахневизначеності№ДРвиконуваласьуКиївському

національномууніверситетііменіТарасаШевченкаурі№БФ



Створенняінформаційноаналітичнихтехнологіймоделюваннятаоптимізації

структурнозаданихсистем№ДРвиконуваласьуКиївському

національномууніверситетііменіТарасаШевченкаурдовідкавід

рАтакожвонибуливпровадженівнавчальнийпроцескафедри

моделюванняскладнихсистемфакультетукомп’ютернихнауктакбернетики

КиївськогонаціональногоуніверситетуіменіТарасаШевченкау–нрв

рамкахспецкурсуМоделюваннясистемзпіслядієюдовідкавідр