

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

**Д. А. КУПРІЄНКО
О. В. БОРОВИК**

**СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ
ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ КВАЗІЛІНІЙНИМ
І ЧАСОВИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ
КОМПОНЕНТІВ**

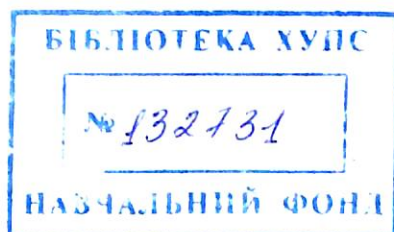
51
К 92

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ
СЛУЖБИ ІМЕНІ Б. ХМЕЛЬНИЦЬКОГО
КАФЕДРА ЗАГАЛЬНОНАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ ДИСЦИПЛІН

Д. А. Купрісико, кандидат технічних наук, доцент
О. В. Боровик, доктор технічних наук, професор

СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ КВАЗІЛІНІЙНИМ І ЧАСОВИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ КОМПОНЕНТІВ

Затверджено ректором академії як монографія



ББК 22.174

К92

Рецензенти:

І. С. Катеринчук, заслужений працівник освіти України, доктор технічних наук, професор;

С. В. Ленков, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор;

І. М. Черевко, доктор фізико-математичних наук, професор

Купрієнко Д. А.

К92 Структурний синтез динамічних систем із квазілінійним і часовим розподіленням компонентів : монографія / Д. А. Купрієнко, О. В. Боровик. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2015. – 348 с.

ISBN 978-966-8056-87-1

У монографії досліджуються методи синтезу складних систем різного характеру. Обґрунтовано один з можливих методів синтезу динамічних систем з квазілінійним і часовим розподіленням компонентів, що базується на застосуванні методів дискретної математики. Оцінено можливість його застосування при формуванні системи технічного контролю протяжних ділянок.

Видання розраховане на широке коло фахівців, науковців, викладачів, студентів і всіх, хто цікавиться математичними методами синтезу систем.

ББК 22.174

ISBN 978-966-8056-87-1

© Видавництво НАДПСУ, 2015

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	5
Вступ	7
Розділ 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ СИСТЕМ З ПОЗИЦІЇ ЇХ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ	10
1.1. Основні категорії теорії систем	10
1.1.1. Дефініції поняття "система"	10
1.1.2. Основні властивості систем	13
1.1.3. Додаткові властивості систем	16
1.2. Класифікація систем	19
Класифікація систем	19
1.3. Функції і структури систем	23
1.3.1. Функції систем	23
1.3.2. Структури систем	24
1.4. Загальна задача структурного синтезу систем	32
1.4.1. Співвідношення понять "аналіз" і "синтез"	32
1.4.2. Особливості задач синтезу систем	34
1.4.3. Обмеження та припущення в задачах синтезу систем	40
1.4.4. Змістовне формулювання загальної задачі структурного синтезу систем	42
Висновки до розділу	43
Список використаної літератури	45
Розділ 2. ОСНОВИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ СИСТЕМ	47
2.1. Підходи щодо оцінки ефективності систем	47
2.2. Методи структурного синтезу систем	55
2.2.1. Морфологічний синтез	56
2.2.2. Метод синтезу за А-деревами	58
2.2.3. Метод синтезу за багатодольними графами	60
2.2.4. Синтез за орієнтованими гіперграфами	60
2.2.5. Синтез на основі мереж Петрі	62
2.2.6. Логічні системи синтезу	64
2.2.7. Урахування додаткових умов та обмежень в задачах структурного синтезу	65
2.3. Математичні основи методів структурного синтезу систем	68
2.3.1. Основи теорії логіки	68
2.3.2. Основи теорії множин	86
2.3.3. Основи комбінаторного аналізу	102
2.3.4. Основи теорії графів	122
Висновки до розділу	174
Список використаної літератури	176
Розділ 3. МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ КВАЗІЛІНІЙНИМ І ЧАСОВИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ КОМПОНЕНТІВ	180
3.1. Концептуальні основи структурного синтезу системи технічного контролю державного кордону	181

3.1.1. Основні етапи структурного синтезу системи	181
3.1.2. Кібернетико-лінгвістична та концептуальна модель синтезу структури системи	184
3.2. Формалізація мети та умов функціонування компонентів системи технічного контролю державного кордону	195
3.2.1. Формалізація мети функціонування компонентів системи.....	195
3.2.2. Формалізація умов функціонування компонентів системи	198
3.3. Інформаційна основа ефективності системи технічного контролю державного кордону	202
3.3.1. Модель корисного ефекту експлуатації компонентів системи.....	203
3.3.2. Модель вартісного ресурсу функціонування компонентів системи.....	213
3.3.3. Критерій ефективності системи	220
3.4 Методика структурного синтезу системи технічного контролю державного кордону	225
3.5. Приклад структурного синтезу системи технічного контролю державного кордону	241
Висновки до розділу	257
Список використаної літератури	260
Розділ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ КВАЗІЛІНІЙНИМ І ЧАСОВИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ КОМПОНЕНТІВ.....	263
4.1. Формування архітектури без початкових даних та програмних модулів в реалізації методики структурного синтезу систем технічного контролю державного кордону	263
4.2. Алгоритмізація структурного синтезу системи технічного контролю державного кордону	274
4.3. Програмна реалізація структурного синтезу системи технічного контролю державного кордону	277
Висновки до розділу	297
Список використаної літератури	298
ДОДАТКИ:	
А. Методика таксономічного обстеження умов функціонування технічних засобів охорони державного кордону	304
Б. Дослідження умов функціонування технічних засобів охорони на ділянці відповідальності прикордонного підрозділу за допомогою геоінформаційних систем	313
В. Фрагмент лістингу алгоритмів програмно-інформаційного середовища структурного синтезу системи технічного контролю державного кордону	319

ВСТУП

Задача синтезу систем є актуальною і складною в науковому відношенні. Синтезувати об'єкт означає визначити його структуру, параметри компонентів, а якщо об'єкт являє собою технічну систему, то й конструкцію. Ці три частини задачі синтезу називаються відповідно структурним, параметричним синтезом і синтезом конструкції. Часто цю сукупність називають структурно-функціональним аналізом (СФА). СФА використовується для визначення потенційно необхідних якісних і кількісних показників структури і функцій складної системи, а також для знаходження раціонального компромісу взаємозв'язків і взаємозалежностей між її функціональними елементами. Задачі СФА за ступенем складності належать до класу задач організованої складності, який займає основну частину спектра складності.

Однією з актуальних, як у науковому, так і практичному відношенні складових задач СФА є задача структурного синтезу технічних систем. Особливе значення структурного проєктування визначається тим, що саме структура об'єкта несе в собі основну інформацію про функціональне призначення об'єкта та визначає його основні технічні характеристики. Тому процедури саме структурного синтезу є одними з найскладніших і, як свідчить аналіз тематичних досліджень, малодосліджених.

Серед технічних систем особливе місце належить динамічним системам із квазілінійним розподіленням компонентів. Подібні системи використовуються в різних галузях. Так, зокрема, у Державній прикордонній службі України в ролі такої виступає система технічного контролю державного кордону, як на сухопутній, так і на морській ділянках відповідальності. Важливість таких систем пояснюється їх використанням для забезпечення національної безпеки, зокрема на державному кордоні.

Вважається, що серед численних методів структурного синтезу, які реалізують пошук у просторі аналогів і прототипів, найбільш виразними перспективними можливостями характеризується підхід, що базується на представленні області перебору у вигляді орієнтованого гіперграфа. Цей спосіб синтезу дозволяє отримувати "готові до використання" структури зі зв'язками і дає підстави для постановок різних завдань структурної оптимізації. Однак для результативного застосування цього методу потрібне виконання ряду обмежень і допущень, основними з яких є такі: проєктована система повинна мати розвинену структуру з великою кіль-

кістю елементів і зв'язків; проєктована система повинна належати до класу об'єктів, що мають однакове функціональне призначення: наявність множини аналогів і прототипів, яка володіє достатньою потужністю для того, щоб пошук нових поєднань у цьому комбінаторному просторі був результативним; складові частини об'єктів класу повинні мати необхідні комбінаторні властивості. Це означає, що принципи дії об'єктів не повинні відрізнятися настільки, щоб не існувало можливості об'єднання різних елементів у складі нового об'єкта.

Крім цих обмежень і допущень до недоліків описаної парадигми слід віднести передусім громіздкість орієнтованих гіперграфів і відсутність прямих засобів для опису елементів з обмеженою сполучуваністю, а також нездатність описувати інші додаткові умови, накладені на вибір елементів.

Найбільш складним варіантом таких додаткових умов можуть бути просторові відмінності і часові зміни параметрів зовнішнього середовища системи, які значно впливають на результат її функціонування.

Однією з важливих задач, з якою пов'язані найбільші суперечності, є синтез динамічних систем із просторовим та часовим розподіленням компонентів, адже в ній досліджується адаптивність системи до нерівномірно змінного слабоформалізованого середовища функціонування, яка обумовлює просторово-часову топологію компонентів її структури.

Саме це пояснює увагу авторів досліджуваним у роботі питанням.

З метою збагачення науково-методичної бази структурного синтезу об'єктів зазначеного класу у монографії досліджено його частковий варіант – структурний синтез динамічних систем із квазілінійним і часовим розподіленням компонентів.

Загалом, монографія складається зі змісту, переліку скорочень, вступу, чотирьох розділів із висновками та переліком використаних джерел, додатків.

У першому та другому розділах роботи проведено ретельний аналіз основних положень теорії систем, а також підходів щодо оцінки їх ефективності та методів структурного синтезу.

У третьому розділі репрезентована авторська методологія структурного синтезу динамічних систем із квазілінійним і часовим розподіленням компонентів. З метою забезпечення більшої зрозумілості теоретичних і практичних викладок вона розглянута на прикладі системи

технічного контролю державного кордону, яка є типовим представленням систем досліджуваного типу.

Приклад підібрано, враховуючи позиції існуючих проблем забезпечення прикордонної безпеки, адже реалізація функції виявлення правопорушників в системі забезпечення захисту національних інтересів України на державному кордоні здійснюється, зокрема, за допомогою технічних засобів охорони, які є компонентами (або потенційними компонентами) систем технічного контролю. На сьогодні парк даної техніки Державної прикордонної служби України і пропозиції виробників характеризуються різноманіттям альтернативних зразків, яке породжено такими групами факторів, як особливості фізико-географічних, природно-кліматичних і індустріальних умов, а також вимогами системи охорони кордону щодо допустимих рівнів ризиків невиявлення правопорушників. Виходячи з цього, при комплексному підході щодо прикриття квазілінійної ділянки, якою власне і є рубіж основних інженерних споруд уздовж державного кордону, доречно враховувати залежність ефективності функціонування технічних засобів від деяких просторово-часових аргументів, обумовлених детермінантами зазначених груп.

Прикладною проекцією теоретичного матеріалу пропонованої методології є приклад структурного синтезу конкретної системи технічного контролю державного кордону, а також програмна реалізація алгоритмів пропонованих методик, яка реалізована у четвертому розділі праці. Остання дозволяє автоматизувати процедуру синтезу раціональної структури системи технічного контролю з розподіленими компонентами на етапі розробки концептуального проекту та суттєво знизити час проектування та вплив суб'єктивного фактору.