

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут математики, економіки та механіки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра математичного забезпечення комп'ютерних систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Дипломна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Аналіз і методи дослідження завадостійких кодів

Анализ и методы исследования помехоустойчивых кодов

The analyzes and methods for the unjammable codes study

Виконав: студент 1(6) курсу, групи 1

напряму підготовки (спеціальності)

8.05010201 – Комп'ютерні системи і мережі

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Щербакова Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гунченко Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Волощук Л.А.

(прізвище та ініціали)

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ _____ від «__» _____ р.

Завідувач кафедри

Є.В. Малахов

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Захищено на засіданні ЕК № _____

протокол № _____ від «__» _____ р.

Оцінка _____

(за 4-х бальною шкалою, за шкалою ECTS, бал.)

Голова ЕК

О.О. Арсірій

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Одеса - 2017

АНОТАЦІЯ

Перешкоди та завади є небажаними факторами деструктивного характеру у різних технічних системах, оскільки заважають їх нормальному функціонуванню. Вони примушують творців обчислювальних систем йти на певні міри, які призначені мінімізувати вплив завад на конкретну систему.

Завадостійкістю називається властивість системи максимально ефективно виконувати свої функції при наявності завад і перешкод. Завадостійкість оцінюють інтенсивністю завад, при яких порушення функцій системи (пристрою) ще не перевищує допустимих меж.

Існує широкий спектр обладнання, пристроїв і устаткування, де протидія перешкодам і завадам є важливою умовою для їх правильного функціонування. Відомо багато способів зменшення впливу завад на данні, що передаються або зберігаються. Найбільш частіше використовують засоби завадостійкого кодування на основі певних завадостійких кодів.

Завадостійкі коди мають різні властивості, їх використання у реальних умовах пов'язано з збільшенням фінансових і часових витрат. Для вибору найбільш раціональних систем кодування потрібно досліджувати можливості і властивості завадостійкого кодування.

Тому актуальною є *мета магістерської роботи* – аналіз та порівняння часових характеристик завадостійких кодів для оцінки властивостей і підвищення завадостійкості при їх використанні.

Для досягнення мети у роботі вирішено наступні *науково-практичні завдання*:

- проведено класифікацію завад і перешкод;
- проведено аналіз наслідків впливу завад;
- розглянуто методи підвищення завадостійкості на основі використання певних кодів;
- обрано два типи кодів для подальшого дослідження, проаналізовано їх властивості;

- запропоновано підхід і принципи реалізації програмного комплексу для дослідження завадостійких кодів;
- розглянуто умови і особливості функціонування необхідних програмних модулів;
- запропоновано реалізацію програмного комплексу;
- отримано дані дослідження чотирьох кодів двох типів – коду Геммінга та Інверсного коду;
- проведено порівняльну оцінку властивостей кодів за часом їх кодування, декодування без помилки і декодування з помилкою.

Об'єктом дослідження є процеси кодування, декодування без помилки і декодування з помилкою.

Предметом дослідження є часові і якісні властивості процесів кодування та декодування із застосуванням завадостійких кодів.

В роботі досліджено порівняльні властивості завадостійких кодів в залежності від типу коду, довжини інформаційної послідовності, наявності помилки. Показано, що ефективність коду Геммінга по часу – збільшується зі збільшенням інформаційних блоків, що кодуються/декоднуються. Ефективність Інверсного коду не залежить від довжини інформаційних блоків. При цьому код Геммінга є більш ефективним ніж Інверсний код за часом кодування і декодування, при цьому дозволяє не лише виявляти наявність помилки, а і виправляти її.

За тематикою дослідження опубліковано 7 наукових праць, одна з яких у фаховому виданні. Основні результати дослідження доповідались на 6 наукових конференціях.

Магістерська робота складається з вступу, 5 розділів, висновку, додатків, списку використаних джерел, який містить 17 найменувань. Загальний обсяг роботи – 95 сторінок, з яких 67 сторінок основного тексту, кількість рисунків – 31, кількість таблиць – 8.

АННОТАЦИЯ

Помехи являются нежелательными факторами деструктивного характера в различных технических системах, поскольку мешают их нормальному функционированию. Они заставляют создателей вычислительных систем идти на определенные меры, призванные минимизировать влияние помех на конкретную систему.

Помехоустойчивостью называется свойство системы максимально эффективно выполнять свои функции при наличии помех. Помехоустойчивость оценивают интенсивностью помех, при которых нарушения функций системы (устройства) еще не превышает допустимых пределов.

Существует широкий спектр систем, устройств и оборудования, где противодействие помехам является важным условием для их правильного функционирования. Известно много способов уменьшения влияния помех на данные, которые передаются или сохраняются. Наиболее часто используют средства помехоустойчивого кодирования на основе определенных помехоустойчивых кодов.

Помехоустойчивые коды имеют различные свойства, их использование в реальных условиях связано с увеличением финансовых и временных затрат. Для выбора наиболее рациональных систем кодирования необходимо исследовать возможности и свойства помехоустойчивого кодирования.

Поэтому актуальной является *цель магистерской работы* – анализ и сравнение временных характеристик помехоустойчивых кодов для оценки свойств и повышения помехоустойчивости при их использовании.

Для достижения цели в работе решены следующие *научно-практические задачи*:

- проведена классификация помех;
- проведен анализ последствий влияния помех;
- рассмотрены методы повышения помехоустойчивости на основе использования определенных кодов;

- выбрано два типа кодов для дальнейшего исследования, проанализированы их свойства;
- предложен подход и принципы реализации программного комплекса для исследования помехоустойчивых кодов;
- рассмотрены условия и особенности функционирования необходимых программных модулей;
- предложена реализация программного комплекса;
- получены данные исследования четырех кодов двух типов – кода Хемминга и Инверсного кода
- проведена сравнительная оценка свойств кодов по времени их кодирования, декодирования без ошибки и декодирования с ошибкой.

Объектом исследования являются процессы кодирования, декодирования без ошибки и декодирования с ошибкой.

Предметом исследования являются временные и качественные свойства процессов кодирования и декодирования с применением помехоустойчивых кодов.

В работе исследованы сравнительные свойства помехоустойчивых кодов в зависимости от типа кода, длины информационной последовательности, наличия ошибки. Показано, что эффективность кода Хемминга по времени – увеличивается с увеличением информационных блоков, которые кодируются/декодируются. Эффективность Инверсного кода не зависит от длины информационных блоков. При этом код Хемминга более эффективным чем Инверсный код по времени кодирования и декодирования, при этом позволяет не только выявлять наличие ошибки, а и исправлять ее.

По тематике исследования опубликовано 7 научных работ, одна из которых в специализированном (фаховом) издании. Основные результаты исследования докладывались на 6 научных конференциях.

Магистерская работа состоит из введения, 5 глав, заключения, приложений, списка литературы, который содержит 17 наименований. Общий объем работы – 95 страниц, из которых 67 страниц основного текста, количество рисунков – 31, количество таблиц – 8.

ABSTRACT

The interferences are undesirable factors of destructive character in various technical systems as interfere them to normal functioning. They force founders of the computing systems to take the certain measures urged to minimize of the interferences influence on the concrete system.

The property of system to carry out the functions most effectively in the presence of interferences is called as a noise stability. The noise stability is estimated by the interferences intensity at which the system (device) functions violation does not exceed admissible limits yet.

There is a wide range of the systems, devices and equipment where counteraction to interferences is an important condition for their correct functioning. Many ways of the reduction of the interferences influence on the transferred or stored data are remain are known. Most often use means of jam-resistant coding on the basis of specific unjammable codes.

Unjammable codes have various properties, their use is in the actual practice connected to increase in the financial and time expenditure. For a choice of the most rational coding systems it is necessary to investigate the opportunities and properties of the noiseproof coding.

Therefore the master thesis purpose – the analysis and comparison of time features of unjammable codes to estimate their properties and improve noise immunity when using them – is actual.

For achievement of the purpose in work the following scientific and practical tasks are solved:

- the interferences classification is carried out;
- the analysis of the interferences influence consequences is carried out;
- methods of a noise immunity increase on the basis of use of specific codes are considered;
- two types of codes have been chosen for further research and their properties was analysed;
- the approach and principles of a software complex realization for unjammable codes study is offered;

- the conditions and features of the necessary software modules functioning are considered;
- the software complex realization is offered;
- the study results of four codes of two types – Hamming's code and the Inverse code – are received;
- the codes properties comparative assessment by time of their coding, decoding without errors and decoding with errors is carried out.

Study object are processes of coding, decoding without errors and decoding with errors.

Study subject are time and qualitative features of the coding/decoding processes with the unjammable codes application.

In work the unjammable codes comparative properties depending on type of a code, information sequence length, error existence are investigated. It is shown that efficiency of a Hamming code on time increases with increase of the coded/decoded information blocks. The efficiency of the Inverse code does not depend on the information blocks length. Thus Hamming code more effective than the Inverse code by the coding and decoding time, thus allows not only to reveal existence of a error, and to correct it.

On study results 7 scientific works, one of which is in the specialized edition, are published. The main study results were reported at 6 scientific conferences.

The master of thesis is made up of the Introduction, 5 chapters, Conclusion, Appendices, List of References with 17 sources. The thesis total volume – 95 pages, among them 67 pages of the main text, number of the figures – 31, number of the tables – 8.

ЗМІСТ

стр.

ВСТУП.....	10
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	12
1 ЗАВАДИ, ЇХ СУТНІСТЬ І КЛАСИФІКАЦІЯ.....	13
1.1 Класифікація завад і перешкод	13
1.2 Зовнішні перешкоди	14
1.3 Внутрішні перешкоди	15
1.4 Наслідки завад.....	15
2 МЕТОДИ БОРОТЬБИ З ЗАВАДАМИ.....	17
2.1 Поняття завадостійкості.....	17
2.2 Методи підвищення завадостійкості	18
2.3 Лінійні коди загального вигляду.....	20
2.4 Відстань Геммінга	22
2.5 Код Геммінга	23
2.6 Інверсний код	25
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АНАЛІЗУ КОДІВ....	27
3.1 Загальні принципи проектування програмного комплексу для порівняльного аналізу кодів	27
3.2 Проектування модуля «КОДЕР».....	29
3.3 Проектування модуля генерації помилок	30
3.4 Проектування модуля «ДЕКОДЕР».....	32
3.5 Проектування бази даних и модуля запису до неї	33
3.6 Проектування засобів OLAP.....	36
3.7 Проектування засобів візуального представлення даних.....	38
4. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АНАЛІЗУ КОДІВ.....	39

4.1 Основні аспекти реалізації програмного комплексу для порівняльного аналізу кодів	39
4.2 Реалізація модуля "КОДЕР"	39
4.3 Реалізація модуля генерації помилок	43
4.4 Реалізація модуля "ДЕКОДЕР"	44
4.5 Реалізація бази даних и модуля записи до неї	44
4.6 реалізація засобів OLAP-компонента.....	50
4.7 Реалізація графічного представлення даних.....	52
5 АНАЛІЗ ДАНИХ, ОТРИМАНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ТЕСТУВАННЯ.....	55
5.1 Основні аспекти аналізу кодів.....	55
5.2 Загальний аналіз Коду Геммінга НЕМ(8,12,4)	56
5.3 Загальний аналіз Інверсного коду INV(8,16,8).....	57
5.4 Загальний аналіз коду Геммінга НЕМ(16,21,5).....	59
5.5 Загальний аналіз Інверсного коду INV(16,32,16).....	60
5.6 Порівняння кодів НЕМ(8,12,4) і НЕМ(16,21,5).....	61
5.7 Порівняння кодів INV(8,16,8) і INV(16,32,16).....	63
5.8 Порівняння кодів НЕМ(8,12,4) і INV(8,16,8).....	64
5.9 Порівняння кодів НЕМ(16,21,5) і INV(16,32,16).....	66
5.10 Підсумковий аналітичний висновок.....	67
ВИСНОВОК.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ.....	74
ДОДАТОК Б КОПІЇ ПУБЛІКАЦІЙ.....	87

ВСТУП

З моменту появи обчислювальних систем гостро стоїть питання надійності зберігання і передачі інформації. Протягом часу, людство все інтенсивніше для реалізації своїх потреб використовує обчислювальні системи різного призначення. Галузі застосування обчислювальних систем відрізняються в залежності від особливостей поставлених задач. Поняття «обчислювальні системи» доволі широке. До нього можна віднести складні мікропроцесорні кластери, різні засоби дистанційної передачі інформації. Обчислювальні системи використовуються у широкому спектрі застосувань, до яких відносяться побут, наукова діяльність, міжвідомчі повідомлення, промисловість, оборонний комплекс. Чим важливіша сфера використання, тим вище рівень умов, які висуваються до обчислювальних систем.

Одним зі способів підвищення надійності інформації, що передається або зберігається, є завадостійке кодування. Сутність такого кодування полягає у додаванні до вихідних послідовностей, що кодуються, контрольних символів. Дані символи призначено для використання при декодуванні даних – вони допомагають перевірити цілісність повідомлення або знайти та виправити помилки.

Фундамент завадостійкого кодування був закладений ще у началі другої половини двадцятого віку. Вагомий вклад у розвиток даної сфери внесли американські математики Клод Шеннон та Річард Геммінг.

Дана тема, як і півстоліття назад, є актуальною. Завадостійке кодування застосовується при архівації даних, передаванні даних у пакетних мережах, у супутникових та стільникових системах зв'язку.

Тематикою даної роботи є дослідження завадостійких кодів, для чого потрібно побудувати програмний комплекс для тестування і аналізу кодів, який повинен складатися як з готових компонентів, так і з спеціально написаних програмних рішень. Задача програмного комплексу полягає у представленні можливостей для порівняння різних типів завадостійких кодів

по часовим характеристикам. На основі функціонування такого комплексу можливо виконувати аналітичне та практичне порівняння, яке враховує динаміку зміни показників кожного коду і порівняння різних завадостійких кодів по однаковим параметрам. Отримана у роботі інформація представляється у виді зрізів OLAP-куба и графіків.

Тому актуальною є **мета магістерської роботи** – аналіз та порівняння часових характеристик завадостійких кодів.

Для досягнення мети у роботі вирішено наступні **науково-практичні завдання**:

- проведено класифікацію завад і перешкод;
- проведено аналіз наслідків впливу завад;
- розглянуто методи підвищення завадостійкості на основі використання певних кодів;
- обрано два типи кодів для подальшого дослідження, проаналізовано їх властивості;
- запропоновано підхід і принципи реалізації програмного комплексу для дослідження завадостійких кодів;
- розглянуто умови і особливості функціонування необхідних програмних модулів;
- запропоновано реалізацію програмного комплексу;
- отримано дані дослідження чотирьох кодів двох типів – коду Геммінга та Інверсного коду;
- проведено порівняльну оцінку властивостей кодів за часом їх кодування, декодування без помилки і декодування з помилкою.

Об'єктом дослідження є процеси кодування, декодування без помилки і декодування з помилкою.

Предметом дослідження є часові і якісні властивості процесів кодування та декодування із застосуванням завадостійких кодів.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В рамках даної роботи необхідно виконати порівняльну оцінку завадостійких кодів і процесу їх кодування/декодування. Для цього потрібно реалізувати програмний комплекс для тестування та аналізу завадостійких кодів, а також ознайомитися з основними принципами завадостійкого кодування.

Сутність програмного комплексу полягає в розробці компонентів, які дозволяють виконувати кодування символічних послідовностей і декодування послідовностей з помилкою, що штучно згенеровано, а також в аналізі кодів двох типів, що дозволить провести аналіз завадостійких кодів.

Окрім вищеперерахованих компонентів необхідно спроектувати базу даних і заповнити її результатами даних від інших компонентів, які виконують кодування або декодування. В базу даних повинна заноситися інформація о часі кодування інформаційної символічної послідовності, декодуванні послідовностей без помилки і з помилкою для кожного коду, а також тип коду, за допомогою алгоритму якого виконуються операції.

За допомогою додаткових програмних пакетів необхідно агрегувати інформацію, яка міститься у базі даних. Цей етап будемо реалізовувати за допомогою аналітичного програмного пакету SQL Server Analysis Services.

В подальшому, на основі даних, отриманих у результаті роботи програмного комплексу проведемо аналіз, який повинен включати порівняння кодів, що досліджуються, по схожим параметрам таким, як тип алгоритму, кількість інформаційних символів, а також кожного коду по всім отриманим даним.

Візуалізацію отриманих залежностей будемо проводити за допомогою графічного представлення, яке ілюструє часові значення різних типів кодів при різних значеннях параметрів, що варіюються. Параметрами будуть виступати значення довжини інформаційної символічної послідовності, що оброблюється, і типи кодів.

ВИСНОВОК

У даній роботі було проведено порівняльну оцінку властивостей завадостійких кодів та процесів їх кодування/декодування. Реалізовано програмний комплекс для тестування і аналізу перешкодостійких кодів. У комплекс увійшли чотири компоненти написані спеціально для нього, і також були задіяні ще два сторонніх компонента у вигляді програмних пакетів.

Цей програмний комплекс дозволив провести порівняння чотирьох кодів двох типів, а саме двох реалізацій коду Геммінга і двох реалізацій Інверсного коду. В ході тестування і подальшого аналізу були виявлені переваги і недоліки досліджуваних кодів. Перевагою такого підходу є той факт, що аналіз проводився на основі реальних даних, отриманих в результаті роботи кожного коду.

Також, слід зазначити, що даний комплекс покликаний лише емулювати реальні процеси кодування і передачі даних, оскільки операції кодування і декодування реалізовані на програмному рівні. Існує ймовірність, що апаратна реалізація операцій кодування і декодування може відрізнитися від реалізації, представленої в даній роботі.

Однак при схожих підходах в реалізації як програмної, так і апаратної, слід очікувати схожий характер тих чи інших залежностей, виведених в аналітичній частині роботи.

У межах виконання магістерської роботи було вирішено наступні науково-практичні завдання:

- проведено класифікацію завад і перешкод;
- проведено аналіз наслідків впливу завад;
- розглянуто методи підвищення завадостійкості на основі використання певних кодів;
- обрано два типи кодів для подальшого дослідження, проаналізовано їх властивості;

- запропоновано підхід і принципи реалізації програмного комплексу для дослідження завадостійких кодів;
- розглянуто умови і особливості функціонування необхідних програмних модулів;
- запропоновано реалізацію програмного комплексу;
- отримано дані дослідження чотирьох кодів двох типів – коду Геммінга та Інверсного коду;
- проведено порівняльну оцінку властивостей кодів за часом їх кодування, декодування без помилки і декодування з помилкою.

В роботі досліджено порівняльні властивості завадостійких кодів в залежності від типу коду, довжини інформаційної послідовності, наявності помилки. Показано, що ефективність коду Геммінга по часу – збільшується зі збільшенням інформаційних блоків, що кодуються/декоднуються. Ефективність Інверсного коду не залежить від довжини інформаційних блоків. При цьому код Геммінга є більш ефективним ніж Інверсний код за часом кодування і декодування, при цьому дозволяє не лише виявляти наявність помилки, а і виправляти її.

Крім цього, результати, отримані в даній роботі на підставі використання програмного комплексу для тестування і аналізу кодів, є відносними, оскільки були отримані в результаті роботи конкретного комп'ютера з конкретними технічними характеристиками, а головне – процесором. Тому справедливо стверджувати, що час, витрачений аналогічними кодами на операції кодування і декодування, може змінюватися в одну або іншу сторону, в залежності від технічних характеристик використовуваної платформи, але їх співвідношення будуть зберігатися.

Одним з основних переваг розробленого програмного комплексу є його універсальність з точки зору використання інших кодів. Його архітектура дозволяє тестувати, аналізувати і порівнювати різні реалізації різних завадостійких кодів в однакових умовах. Це досягається за рахунок

специфіки виклику модулів функцій, що кодують і декодують: механізм виклику функції майже ніяк не пов'язаний з реалізацією самої функції і дозволяє подавати одну й ту ж послідовність на вхід безлічі різних функцій.

Комплекс отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що мета роботи досягнута, наукові та практичні завдання вирішено.

Для подальших досліджень планується вдосконалити раніше використані алгоритми кодування і декодування, а також налагодити більш автоматизоване міжкомпонентну взаємодію, що потребує якомога меншого втручання користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Электромагнитная помеха [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0
2. Внешние помехи - Большая Энциклопедия Нефти Газа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id289586p1.html>
3. Внутренние помехи - Большая Энциклопедия Нефти Газа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id289588p1.html>
4. Кутузаки А.С., Гунченко Ю.А. Анализ проблем разбиения на кадры данных // Тезисы доклада Десятой всеукраинской конференции студентов и молодых специалистов «ИНФОРМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ». – Одесса: - 2013. – с. 193 – 195.
5. Блочный код - Википедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B4
6. Линейные блочные коды [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sernam.ru/book_tec.php?id=80
7. Понятие метрического пространства [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sernam.ru/lect_math3.php?id=16
8. Гунченко Ю.О. Концепція побудови комплексу програмного забезпечення для дослідження завадостійких кодів. Ю.О. Гунченко, П.С. Ємельянов, В.Є. Малахов, Т.О. Щербакова // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2016. – № 55. – С. 125 – 135.
9. Коды с обнаружением ошибок [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://informkod.narod.ru/5_1item.htm

10. OLAP - Википедия [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OLAP>
11. OLAP-системы конспект лекций / Одесский Национальный Университет им. И.И. Мечникова – М.: Одесса, 2012.- 20 с.
12. Щербакова Т.А. Программный комплекс для исследования помехозащищенных кодов / Т.А. Щербакова, П.С. Емельянов, Ю.А. Гунченко // Матеріали II-ої всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інформаційні технології в моделюванні». – Миколаїв, 2017. – С. 88 – 89.
13. Y. Gunchenko, T. Shcherbakova, P. Emelyanov, V. Levchuk. Software for Research and Comparison of Noise-immune Codes // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання». – Івано-Франківськ, 2017. – С. 222 – 224.
14. T. Shcherbakova, P. Emelyanov. Research of hamming code properties // Materiały 54 Konferencja studenckich kół naukowych “Pionu Hutniczego”. – Kraków, 11 maja 2017. – P. 260.
15. Щербакова Т.О. Дослідження методів підвищення завадостійкості / Т.О. Щербакова, П.С. Ємельянов, Ю.О. Гунченко// 14 Всеукраїнська конференція студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології». – Одеса, 2017. – С. 182 – 184.
16. Гунченко Ю.О. Урахування функціонального стану слухачів при дистанційному навчанні / Ю.О. Гунченко, П.С. Ємельянов, Т.О. Щербакова // Тези доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» MicroCAD-2017. – Харків, 2017. – Частина III, С. 94.
17. Щербакова Т.А., Гунченко Ю.А. Построение игровых квест-систем с применением микроконтроллеров // Дванадцята Всеукраїнська конференція студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології». – Одеса, 2015. – С. 132-133.