

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

На правах рукопису

**ПЕТРИШИН СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ**

 УДК 004.89

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СТАНІВ  
КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ**

05.13.06 – інформаційні технології

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
Савчук Тамара Олександрівна,  
кандидат технічних наук, доцент

Вінниця – 2016

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Задача кластеризації станів комп'ютерної техніки	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Сучасні методи кластеризації станів об'єкта..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Аналіз доцільності застосування інформаційної технології кластеризації станів об'єкта .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Постановка задач дослідження.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Висновки.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СТАНІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Функціонали якості кластеризації станів об'єкта	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Інформаційна модель процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Удосконалений метод кластеризації станів комп'ютерної техніки K- MEANS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Удосконалений метод ФОРЕЛІ для кластеризації станів комп'ютерної техніки .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Висновки.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СТАНІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Вибір методу кластеризації станів комп'ютерної техніки	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Моделювання процесу кластеризації станів об'єкта з використанням удосконаленого методу K-MEANS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Моделювання процесу кластеризації станів об'єкта з використанням удосконаленого методу ФОРЕЛІ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.4 Кластеризація станів комп'ютерної техніки з використанням інформаційної технології.....**Error! Bookmark not defined.**

3.5 Висновки.....**Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СТАНІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ**Error! Bookmark not defined.**

4.1 Розробка архітектури програмного забезпечення**Error! Bookmark not defined.**

4.2 Розробка основних модулів програмного забезпечення кластеризації станів комп'ютерної техніки .....**Error! Bookmark not defined.**

4.3 Аналіз результатів застосування інформаційної технології**Error! Bookmark not defined.**

4.4 Висновки.....**Error! Bookmark not defined.**

ВИСНОВКИ .....**Error! Bookmark not defined.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 10

ДОДАТКИ .....**Error! Bookmark not defined.**

ДОДАТОК А Акти впровадження результатів дисертації**Error! Bookmark not defined.**

ДОДАТОК Б Лістинг програмної реалізації основних модулів програмного забезпечення для кластеризації станів комп'ютерної техніки**Error! Bookmark not defined.**

ДОДАТОК В Інструкція користувача програмного забезпечення для кластеризації станів комп'ютерної техніки .....**Error! Bookmark not defined.**

ДОДАТОК Г Процедура вимірювання значень електричних показників комп'ютерної техніки (на прикладі ноутбука) .....**Error! Bookmark not defined.**

ДОДАТОК Д Вибірка станів комп'ютерної техніки (блоки живлення)**Error! Bookmark not defined.**

## ВСТУП

### **Актуальність теми**

Швидкий науково-технічний прогрес сприяв значному збільшенню різновидів комп'ютерної техніки (КТ), яка на сьогоднішній день використовується і в побуті, і на виробництві. Це стало причиною зростання ймовірності виникнення ситуацій, що характеризуються порушенням виконання її основних функцій, або, взагалі, виходом із ладу такої техніки. У зв'язку з цим постає необхідність у розробці різних видів документацій для КТ, зокрема і інструкцій з її обслуговування, які будуть використовуватись в процесі ремонту та інших видів сервісного обслуговування такої техніки з метою підвищення його швидкості та якості. Означена супровідна документація може розроблятися як її виробником, так і сервісними підприємствами та компаніями. Особливістю етапу розробки інструкцій з обслуговування КТ є те, що розробнику наперед невідомо стани, а також їх класи, що визначає доцільність застосування технологій аналізу даних, зокрема кластеризації, для розв'язання задачі групування подібних станів КТ в таксони. До них будуть входити однотипні стани КТ, а тому дії, які необхідно виконувати для однокластерних станів, будуть однотипними. Отже, розробник інструкцій з обслуговування буде отримувати варіанти групувань станів КТ з рекомендаціями щодо подальших дій при кожному з них.

Сучасні методи аналізу даних та кластеризації розглянуті в роботах Григорія П'ятецького-Шапіро, Дж. Мак-Кіна, Г. Болла, Д. Холла, Г. Ланса, У. Уільямсона, Н. Джардайна, С. А. Айвазяна, І. Д. Манделя, А. А. Барсегяна, Д. С. Хайдукова, В. С. Берикова, Г. С. Лбова, Б. Г. Міркіна, Міхаеля Бері, питання моделювання та визначення якості декомпозиції представлено у роботах Р. Н. Кветного, В. М. Дубового, О. В. Бісікала, І. В. Кузьміна, Б. І. Мокіна, В. Б. Мокіна, С. В. Юхимчука, М. Д. Кацмана, С. Д. Штовби, А. І. Поворознюка, О. А. Павлова, В. Н. Вапніка, Б. Дюрана, М. Г. Загоруйка, О. Я. Червоненкіса, В. Є. Снитюка, В. О. Доровського, О. П. Ротштейна та інших провідних вчених.

Проте в процесі кластеризації заздалегідь невідомих станів складних об'єктів виникають ситуації, коли відхилення значень параметрів та характеристик станів знаходяться у допустимих межах, що не потребує віднесення їх до іншого кластеру. Існуючі методи кластеризації і аналізу даних недостатньо якісно працюють у таких умовах.

Отже, актуальним є підвищення якості розбиття множини станів комп'ютерної техніки за рахунок розробки та впровадження моделей, методів та відповідних інформаційних технологій, які будуть використовуватись для декомпозиції вибірки таких станів, що є основою для подальшого прийняття ефективних рішень щодо експлуатації такої техніки.

Оскільки в процесі опрацювання даних про стани КТ накопичуються потужні обсяги інформації, для її аналізу доцільно використовувати технології Data Mining, серед яких особливої уваги заслуговують методи кластерного аналізу, такі як K-MEANS і ФОРЕЛ, за умови їх удосконалення з урахуванням особливостей предметної області, яка досліджується.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана відповідно до напряму наукових досліджень кафедри комп'ютерних наук Вінницького національного технічного університету «Моделі, методи, технології та пристрої інтелектуальних інформаційних систем управління, економіки, навчання та комунікацій».

Результати дисертаційного дослідження увійшли у звіти з держбюджетної науково-дослідної роботи на тему «Теоретичні методи аналізу швидкоплинних техногенних надзвичайних ситуацій для створення систем підтримки прийняття рішень керівниками ліквідації таких ситуацій» № 47-Д-307 (номер державної реєстрації 0108U000659), де здобувач був у складі авторів проміжних та заключного звітів, відповідний акт впровадження знаходиться в додатку А.

### **Мета і задачі дослідження**

*Метою дослідження є підвищення якості кластеризації станів комп'ютерної техніки шляхом розробки і впровадження інформаційної технології для подальшого прийняття рішень щодо її експлуатації.*

*Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:*

- дослідити стани комп'ютерної техніки, а також існуючі методи, технології та засоби аналізу даних про такі стани;
- розробити інформаційну модель процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки;
- удосконалити метод кластеризації станів комп'ютерної техніки K-MEANS;
- удосконалити метод кластеризації станів комп'ютерної техніки ФОРЕЛ;
- розробити інформаційну технологію кластеризації станів комп'ютерної техніки;
- провести моделювання процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки з використанням удосконалених методів K-MEANS і ФОРЕЛ з метою оцінювання якості розбиття;
- розробити програмне забезпечення для кластеризації станів комп'ютерної техніки.

*Об'єктом дослідження є процес кластеризації станів комп'ютерної техніки.*

*Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційні технології кластеризації станів комп'ютерної техніки.*

### **Методи дослідження**

Використано методи системного аналізу та синтезу для вивчення властивостей процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки; методи інтелектуального аналізу даних для розробки інформаційної моделі кластеризації станів комп'ютерної техніки, та удосконалених методів кластеризації, які базуються на цій моделі; методи об'єктного моделювання процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки; комп'ютерне моделювання для розробки програмного забезпечення та оцінювання якості кластеризації.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- вперше запропоновано інформаційну модель процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки, що, на відміну від існуючих, базується на моделі станів комп'ютерної техніки; враховує вагові коефіцієнти характеристик та параметрів таких станів в процесі визначення відстані між ними; використовує нормування

значень цих параметрів та характеристик, що дозволило підвищити якість кластеризації;

- удосконалено метод кластеризації K-MEANS, який, на відміну від існуючих, передбачає врахування допустимих відхилень значень параметрів та характеристик комп'ютерної техніки при формуванні кластерів її станів, що дозволило підвищити якість кластеризації в умовах відомої кількості кластерів;

- удосконалено метод кластеризації ФОРЕЛ, який, на відміну від існуючих, передбачає розрахунок радіусів кластерів станів комп'ютерної техніки для зменшення кількості викидів у них, що дозволило підвищити якість розбиття множини таких станів в умовах відсутності відомостей про кількість кластерів;

- вперше розроблено інформаційну технологію кластеризації станів комп'ютерної техніки, в якій, на відміну від існуючих, використовуються інформаційна модель процесу кластеризації та удосконалені методи кластеризації K-MEANS і ФОРЕЛ, що дозволило підвищити якість розбиття множини таких станів.

### **Практичне значення одержаних результатів**

На основі запропонованого підходу до кластеризації станів комп'ютерної техніки отримано такі практичні результати:

- розроблено удосконалений алгоритм кластеризації станів комп'ютерної техніки K-MEANS;

- розроблено удосконалений алгоритм кластеризації станів комп'ютерної техніки ФОРЕЛ;

- розроблено програмне забезпечення для кластеризації станів комп'ютерної техніки.

Отримані на основі наукових досліджень практичні результати впроваджено в компанію LLC «IKrok» у вигляді програмного забезпечення для кластеризації станів комп'ютерної техніки (акт впровадження №47/3 від 06.06.2014 р.), що дало можливість приймати ефективні управлінські рішення щодо її працездатності. Результати роботи впроваджено в департаменті енергетики, транспорту та зв'язку Вінницької міської ради як методику аналізу даних про електроспоживання

підприємств та установ міста, що базується на технологіях Data Mining, та інформаційну технологію аналізу даних про електроспоживання підприємств та установ міста, що базується на удосконаленому алгоритмі кластерного аналізу, акт впровадження від 23.06.2014 р. Також отримані наукові результати впроваджено в навчальний процес при фаховій підготовці за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів за напрямом 6.050101 «Комп'ютерні науки» у вигляді лекцій і лабораторного практикуму з дисципліни «Інтелектуальний аналіз даних», акт впровадження від 20.01.2015 р. Впровадження результатів дослідження підтверджено відповідними актами в додатку А.

### **Особистий внесок здобувача**

Усі теоретичні та експериментальні дослідження виконані автором самостійно. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору дисертації належать: удосконалений метод ФОРЕЛ для кластеризації станів комп'ютерної техніки [2, 3], удосконалений метод кластеризації станів комп'ютерної техніки K-MEANS [4, 5], інформаційна модель процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки [6], кластеризація станів складних об'єктів з використанням інформаційної технології [7 – 9], формалізація процесу оцінювання результатів кластеризації станів комп'ютерної техніки, як складних об'єктів [10], модель процесу чіткої кластеризації проблемних ситуацій в обчислювальній та організаційній техніці [11], комп'ютерне моделювання [12, 13].

### **Апробація результатів дисертації**

Основні положення та результати виконаних в дисертаційній роботі досліджень були редставлені на наукових семінарах кафедри комп'ютерних наук, на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ (в період з 2010 р. по 2015 р.), на міжнародних конференціях «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА» (2010, 2012, 2014 роки), Міжнародній науковій конференції, присвяченій 80-річчю з дня народження акад. І. В. Прангишвілі «Інформаційні та комп'ютерні технології, моделювання, управління», Тбілісі, Грузія (2010 рік); на 12-й Міжнародній науково-технічній конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (2010 рік), Міжнародній науково-



практичній конференції «Актуальні проблеми інформаційних технологій, економіки та права» м. Чернівці (2011 рік), Міжнародній науково-технічній конференції «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)» м. Черкаси (2011 рік), Міжнародній науковій конференції «Проблеми стійкості та оптимізації динамічних систем детермінованої та стохастичної структури» м. Чернівці (2010 рік), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки» м. Чернівці (2013 рік), міжнародній науково-технічній конференції «Електротехнічні і комп'ютерні системи» м. Одеса (2015 рік).

### **Публікації**

За результатами досліджень опубліковано 12 праць, з них 1 стаття у науковому журналі, що входить до міжнародних наукометричних баз даних SCOPUS та INSPEC, 7 – у виданнях, що входить до переліку фахових видань, 1 публікація у вигляді тез доповідей, 1 – у збірниках матеріалів конференцій, 2 свідоцтва на реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Перспективы развития компьютерных систем [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://www.itstan.ru/komp-tehnika/perspektivy-razvitija-kompjuternyh-sistem.html>.
2. Савчук Т. О. Удосконалений метод ФОРЕЛ для кластеризації станів комп'ютерної техніки / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – 2015. – № 1(26). – С. 245-252
3. Савчук Т. О. Ідентифікація проблемних ситуацій та їх станів в складних технічних системах з використанням модифікованого алгоритму ФОРЕЛ / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Вісник Національного університету „Львівська політехніка”. – 2014. – № 783. – С. 187-193. – ISSN 0321-0499
4. Савчук Т. О. Удосконалений метод кластеризації станів комп'ютерної техніки K-MEANS / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2015. – № 2(78). – С. 198-206. – ISSN 1727-7108
5. Савчук Т. О. Використання модифікованого алгоритму k-means для ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів в складних технічних системах / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 1. – С. 117-121. – ISSN 2219-9365
6. Савчук Т. О. Інформаційна модель процесу кластеризації станів комп'ютерної техніки / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2015. – № 19(95). – С. 182-186. – ISSN 2221-3805
7. Савчук Т. О. Кластеризація станів комп'ютерної техніки з використанням інформаційної технології / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Вісник Хмельницького національного університету (серія: технічні науки). – 2015. – № 4(227). – С. 149-152. – ISSN 2307-5732

8. Савчук Т. О. Інформаційна технологія ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів в складних технічних системах / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Вісник Національного університету „Львівська політехніка”. – 2014. – № 1. – С. 193-198.

9. T. O. Savchuk. Identification of technogenic emergency situations in railway transport using cluster analysis/ Т. О. Savchuk, S. I. Petrishyn, Laura Sugurova, Andrzej Smolarz // Przegląd Elektrotechniczny – Warsaw, 2014. – № 11/2014. – P. 177–184. – Access mode: <http://pe.org.pl/articles/2014/11/46.pdf>.

10. Савчук Т. О. Формалізація процесу оцінювання результатів кластеризації складних об'єктів / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки» (ПКТ – 2013), 27 – 31 травня, 2013 : Тези доповідей. – Чернівці, 2013 – С. 150–152.

11. Савчук Т. О. Модель процесу чіткої кластеризації проблемних ситуацій в обчислювальній та організаційній техніці / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2014», дев'ята міжнародна конференція ІОН-2014, 14 – 17 жовтня, 2014 : Збірник праць. – Вінниця, 2014 – С. 79–81.

12. Савчук Т. О. Комп'ютерна програма «Кластерний аналіз станів комп'ютерної техніки з використанням модифікованого методу K-MEANS» / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 61714. – Рішення від 17.09.2015.

13. Савчук Т. О. Комп'ютерна програма «Кластеризація станів комп'ютерної техніки з використанням модифікованого методу ФОРЕЛ» / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 61714. – Рішення від 19.09.2015.

14. Партыка Т. Л. Вычислительная техника / Т. Л. Партыка, И. И. Попов. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : ФОРУМ: ИНФА-М, 2007. – 608с. : ил. – ISBN 5-91134-050-X.

15. Гедранович Б. А. Основы информатики и вычислительной техники / Б. А. Гедранович, В. В. Гедранович, И. Н. Тонкович. – Минск : Изд-во МИУ, 2006. – 220 с.

16. Зинкевич В. П. Вычислительная техника и программирование / В. П. Зинкевич – М. : МГОУ, 2011 . – 108 с. – ISBN 978-5-7045-1011-6.
17. Донцов Д. Сбои и ошибки ПК [Электронный ресурс] / Д. Донцов. – Режим доступа : [http://www.e-reading.link/bookreader.php/103268/Doncov\\_-\\_Sboi\\_i\\_oshibki\\_PK.\\_Lechim\\_komp'yuter\\_sami.html](http://www.e-reading.link/bookreader.php/103268/Doncov_-_Sboi_i_oshibki_PK._Lechim_komp'yuter_sami.html).
18. Леонов В. Сбои и ошибки ПК. Лечим компьютер сами / В. Леонов. – М. : Изд-во Эксмо, 2012. – 240 с.
19. Мюллер С. Модернизация и ремонт серверов / С. Мюллер, М. Соупер, Б. Сосински. – М. : ООО «ИД Вильямс», 2009. – 976 с.
20. Сафарбаков А. М. Основы технической диагностики / А. М. Сафарбаков, А. В. Лукьянов, С. В. Пахомов – Иркутск : ИрГУПС, 2006. – 216 с.
21. Бигус Г. А. Диагностика технических устройств / Г. А. Бигус, Ю. Ф. Даниев, Н. А. Быстрова, Д. И. Галкин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 – 615 с. – ISBN 978-5-7038-3925-6.
22. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. [7-е издание] / Э. Таненбаум, Т. Остин. – СПб. : Питер, 2013. – 816 с. – ISBN 978-5-496-00337-7.
23. Диагностика и устранение поломок компьютера [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://www.complace.ru/neispravnosti-kompyutera/>.
24. Параметры состояния системы [Электронный ресурс] – режим доступа: [http://dammlab.com/bios/parametri\\_bios/parametry-sostoyaniya-sistemy.html](http://dammlab.com/bios/parametri_bios/parametry-sostoyaniya-sistemy.html).
25. Степаненко О. С. Сборка компьютера / О. С. Степаненко – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2009. – 544с. – ISBN 978-5-8459-1462-0.
26. Половинкин А. И. Теория проектирования новой техники: закономерности техники и их применение / А. И. Половинкин. – М. : Информэлектр, 1991. – 104 с.
27. Виды измерений [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://metrology.com.ua/metrologicheskoe-obespechenie/vidy-izmerenij>.
28. Барсегян А. А. Технология анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – СПб. : БХВ, Петербург, 2007. – 384с. : ил. – ISBN 5-94157-991-8.

29. Барсегян А. А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – СПб. : БХВ, Петербург, 2004. – 336с. : ил. – ISBN 5-94157-522-Х.

30. Методы и средства интеллектуального анализа данных. [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://itteach.ru/predstavlenie-znaniy/metodi-i-sredstva-intellektualnogo-analiza-dannich>.

31. William J. Frawley Knowledge Discovery in Databases: An Overview / William J. Frawley, Gregory Piatetsky-Shapiro, and Christopher J. Matheus // AI magazine - Palo Alto, California, 1992. – № 3. – С. 57–70.

32. Knowledge Discovery in Databases - обнаружение знаний в базах данных [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://www.basegroup.ru/library/methodology/kdd/>.

33. Knowledge Discovery in Databases (KDD) [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.techopedia.com/definition/25827/knowledge-discovery-in-databases-kdd>.

34. Knowledge Discovery in Databases [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.usc.edu/dept/ancntr/Paris-in-LA/Analysis/discovery.html>.

35. Paolo Giudici Applied data mining : statistical methods for business and industry / Paolo Giudici – Wiley, England, 2003. – 364 с. – ISBN 0-470-84679-8.

36. Shatovska T. B. Ontology models research and development for data mining repository [Электронный ресурс] / Т. В. Shatovska, А. А. Zaremskaya // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях. – 2012. – № 68. – С. 27–32. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vcpinrct\\_2012\\_68\\_8.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vcpinrct_2012_68_8.pdf).

37. Michael J. A. Berry, Gordon S. Linoff. Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management. / Michael J. A. – Wiley Computer Publishing; 2nd edition, 2004. – 672 p.

38. David J. Hant Principles of Data Mining (Adaptive Computation and Machine Learning) / David J. Hant, Heikki Mannila, Padhraic Smyth – A Bradford Book, 2001. – 584 p.

39. Nadim W. Alkharouf Online Analytical Processing (OLAP): A Fast and Effective Data Mining Tool for Gene Expression Databases / Nadim W. Alkharouf, D. Curtis Jamison, and Benjamin F. Matthews // Journal of Biomedicine and Biotechnology – New York, USA, 2005. – Volume 2005 (2005), Issue 2. – P. 181–188.

40. Helen M. Hasan Using OLAP and multidimensional data for decision making / Helen M. Hasan, P. Hyland // Research Online – NSW, Australia, 2001. – № 3(5). – P. 44–50.

41. Alex Berson Data Warehousing, Data Mining, and OLAP (Data Warehousing/Data Management) / Alex Berson, Stephen J. Smith – Computing Mcgraw-Hill, 1997. – 640 p. – ISBN 978-0070062726.

42. Online Analytical Processing (OLAP): A Fast and Effective Data Mining Tool for Gene Expression Databases [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1184053/>.

43. Glenn J. Myatt Making Sense of Data. A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining / Glenn J. Myatt – Wiley : Canada, 2007. – 280 p. – ISBN 978-0-470-07471-8.

44. Andreas Symeonidis Agent intelligence through data mining / Andreas Symeonidis, Pericles Mitkas – Springer, Greece, 2005. – 200 p. – ISBN 0-387-24352-6.

45. Trevor Hastie The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction / Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman – [2-nd edition]. – Springer, 2009. – 763 p. Access mode : [http://statweb.stanford.edu/~tibs/ ElemStatLearn/](http://statweb.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/).

46. Воротніков В. В. Кластеризація потоків даних в телекомунікаційних мережах АСУ підрозділів за факторними ознаками [Електронний ресурс] / В. В. Воротніков // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – № 3. – С. 133–138. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/soivt\\_2012\\_3\\_35.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/soivt_2012_3_35.pdf).

47. Кравець П. О. Стохастична ігрова модель кластеризації даних [Електронний ресурс] / П. О. Кравець // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. – 2013. – № 770. – С. 57–66. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNULPICM\\_2013\\_770\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNULPICM_2013_770_10.pdf).

48. Мандель И. Д. Кластерный анализ / Мандель И. Д. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с. – ISBN 5-279-00050-7.

49. Айвазян С. А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков – М. : Финансы и статистика, 1989. – 607 с. – ISBN 5-279-00054-Х.

50. Data Mining – Cluster Analysis [Electronic resource]. – Access mode : [http://www.tutorialspoint.com/data\\_mining/dm\\_cluster\\_analysis.htm](http://www.tutorialspoint.com/data_mining/dm_cluster_analysis.htm).

51. H. Jiawei Data Mining: concepts and techniques 3-nd edition / Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei – Elsevier, USA, 2011. – 744p. – ISBN 978-0-12-381479-1.

52. Дюран Б. Кластерный анализ : пер. с англ. / Б. Дюран, П. Одел – М. : Статистик, 1977. – 128 с.

53. Гитис П. Х. Статистическая классификация и кластерный анализ / П. Х. Гитис – М. : Московский государственный горный университет, 2003. – 157 с.

54. Файсал М. Е. Сардієх. Методи і алгоритми неієрархічної кластеризації для задач інтелектуального аналізу даних: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.13.06 / Файсал М. Е. Сардієх ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2011. — 20 с.

55. Jain A. Data clustering: A review / Jain A., Murty M., Flynn P. – ACM Computing Surveys. 1999. – P. 264–323.

56. Ashish Ghosh Evolutionary Computation in Data Mining / Ashish Ghosh, Lakhmi S. Jain. – Springer, New York, USA, 2005. – 265 p. – ISBN 978-3-540-22370-2.

57. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / Штовба С. Д. – М. : «Горячая линия – Телеком», 2007. – 288 с. – ISBN 5-93517-359-Х.

58. Lelis, L Semi-supervised density-based clustering. / Lelis, L, Sander, J. – Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), Miami, FL, 2009. – P. 842–847.

59. Kriegel Hans-Peter Density-based clustering. / Kriegel Hans-Peter, Kroger Peer, Sander Jörg, Zimek Arthur. – WIREs Data Mining Knowl Discov 2011. – P.231–240. Access mode : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/widm.30/pdf>.

60. Sudipto Guha, CURE: An Efficient Clustering Algorithm for Large Databases [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.cs.bu.edu/fac/gkollios/ada05/LectNotes/guha98cure.pdf>.

61. Tian Zhang BIRCH: a new data clustering algorithm and its applications / Tian Zhang, Raghu Ramakrishnan, Miron Livny // Data Mining and Knowledge Discovery. – 1997. – № 1. – P. 141-182.

62. D. Saravanan Video Data Mining Information Retrieval Using BIRCH Clustering Technique / D. Saravanan, S. Srinivasan // Artificial Intelligence and Evolutionary Algorithms in Engineering Systems. – 2014. – №325. – P. 583-594. – ISBN: 978-81-322-2134-0

63. K-means clustering [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.onmyphd.com/?p=k-means.clustering&ckattempt=1>.

64. K-means [Electronic resource]. – Access mode : <http://nlp.stanford.edu/IR-book/html/htmledition/k-means-1.html>.

65. Interpretation of FOREL clusters. – Access mode : <http://www.biomedcentral.com/content/supplementary/1471-2164-7-318-S1.pdf>.

66. Алгоритмы Форель и Форель 2. – Режим доступа : <http://www.aiportal.ru/articles/autoclassification/forel.html>

67. Partitioning Around Medoids (PAM) . – Access mode : [http://www.unesco.org/webworld/idams/advguide/Chapt7\\_1\\_1.htm](http://www.unesco.org/webworld/idams/advguide/Chapt7_1_1.htm).

68. Использование самоорганизующихся карт в задачах кластеризации. – Режим доступа : <http://basegroup.ru/community/articles/som-mine>

69. Анализ данных: самоорганизующиеся карты Кохонена. – Режим доступа : <http://datareview.info/article/analiz-dannyih-samoorganizuyushhiesya-kartyi-kohonena>

70. С. Д. Штовба Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Нечеткая кластеризация. – Режим доступа : <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/12.php>

71. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах / Ю. П. Зайченко. – К.: Издательский дом «Слово», 2008. – 344 с. – ISBN: 978-966-8407-79-6



72. Лецкий Э. К. Информационные технологии на железнодорожном транспорте : уч. для вузов ж.-д. транспорта / Лецкий Э. К., Панкратов В. И., Яковлев В. В. и др.; под ред. Яковлева Э. К., Поддавашкина Э. С., Яковлева В. В. – М. : УМК МПС РФ, 2001. – 668 с. – ISBN 5-89035-030-7.

73. Олейников В. Т. Принципы построения и архитектура автоматизированной системы поддержки принятия решений при тушении пожаров / Олейников В. Т., Абрамов А.П. //Пожарная безопасность. – 2001. – № 4. – С.118–123.

74. Румянцева Е. Л. Информационные технологии / Е. Л. Румянцева, В. В. Слюсарь. – М. : «Форум», 2007. – 256 с. – ISBN 978-5-8199-0305-6.

75. Лихачева Г. Н. Информационные технологи : учебно-практическое пособие / Г. Н. Лихачева, М. С. Гаспариан. – М. : Изд. центр ЕАОИ, – 2007. – 189 с. – ISBN 978-5-374-00032-0.

76. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения – ГОСТ 34.003-90.

77. Трофимов В. В. Информационные технологии / В. В. Трофимов – М. : Юрайт, 2011. – 624 с. – ISBN 978-5-9916-0887-9.

78. Информационные технологии [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://technologies.su/>.

79. Воронцов К. В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf>.

80. Юхимчук С. В. Моделі автоматизації вироблення рекомендацій керівнику гасіння пожежі на залізничному транспорті / С. В. Юхимчук, М. Д. Кацман : монографія. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 144 с. – ISBN 978-966-641-235-8.

81. Vaclav Repa Information Modeling of Organizations / Vaclav Repa. – Tomas Bruckner, 2012. – 110 p. – ISBN 978-80-904661-3-5.

82. Методы кластерного анализа. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://bug.kpi.ua/stud/work/RGR/DATAMINING/clusteranalysismethods.html#>.

83. Рабинович Б. И. Кластерный анализ детализаций телефонных переговоров / Б. И. Рабинович // Системы и средства информатики. – Москва, 2007. – № 17. – С. 52–78.

84. Методы и алгоритмы анализа структуры многомерных данных [Электронный ресурс] – Режим доступа : [http://posibnyky.vntu.edu.ua/k\\_m/index.htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/index.htm).

85. Martin Ester Incremental Clustering for Mining in a Data Warehousing Environment / Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander, Michael Wimmer, Xiaowei Xu - In Proc. of the 24-th VLDB Conf., New Yourk, 1996. – P. 232–233.

86. Гайдышев И. П. Анализ и обработка данных. Специальный справочник. / И. П. Гайдышев – СПб. : Издательство «Питер», 2001. – 752 с.

87. Палкин Н. Б. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н. Б. Палкин, В. И. Орешков – СПб. : Питер, 2013. – 704 с. – ISBN 978-5-459-00717-6.

88. How To Group Objects Into Similar Categories, Cluster Analysis [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.statsoft.com/Textbook/Cluster-Analysis>.

89. Measures of distance between samples: Euclidean [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.econ.upf.edu/~michael/stanford/maeb4.pdf>.

90. Liwei Wang On the Euclidean Distance of Images / Liwei Wang, Yan Zhang, Jufu Feng – Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005. – P. 1334–1339.

91. Hamming Distance [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.maths.manchester.ac.uk/~pas/code/notes/part2.pdf>.

92. Буреева Н. Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП “STATISTICA”. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики» / Н. Н. Буреева – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

93. Луговская Л. П. Динамическая кластеризация информационных потоков / Л. П. Луговская, В. И. Шевченко, И. А. Скатков // Вісник СевНТУ – Севастополь, 2011. – № 114. – С. 14–20.

94. Tapas Kanungo An Efficient k-Means Clustering Algorithm: Analysis and Implementation / Tapas Kanungo, David M. Mount, Nathan S. Netanyahu,

Christine D. Piatko, Ruth Silverman, and Angela Y. Wu // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence - Los Alamitos, USA, 2002 - №24(7), С. 881–892.

95. An Example Inference Task: Clustering [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/mackay/itprnn/ps/284.292.pdf>.

96. Andrea Vattani K-means Requires Exponentially Many Iterations Even in the Plane [Electronic resource] / Andrea Vattani – Access mode : <http://cseweb.ucsd.edu/~avattani/papers/kmeans-journal.pdf>.

97. Gibou, F. A fast hybrid k-means level set algorithm for segmentation. / Gibou, F., Fedkiw, R. - In: Proceedings of the 4th Annual Hawaii International Conference on Statistics and Mathematics, 2005. – P. 281–291.

98. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н. Г. Загоруйко – Новосибирск : ИМ СО РАН, 1999. – 270 с. – ISBN 5-86134-060-9.

99. Загоруйко Н. Г. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей / Н. Г. Загоруйко, В. Н. Ёлкина, Г. С. Лбов – Новосибирск : Наука, 1985. – 112 с. – ISBN 5-1601212-A.

100. Interpretation of FOREL clusters [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.biomedcentral.com/content/supplementary/1471-2164-7-318-s1.pdf>.

101. Дубров А. М. Многомерные статистические методы / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин – М. : Финансы и статистика, 2003. – 352 с.

102. Дубовой В. М. Моделювання систем контролю та керування : навчальний посібник / В. М. Дубовой. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 176 с.

103. Кветний Р. Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ під заг. Ред.. Р. Н. Кветного – Вінниця,ВНТУ. 2012.-ч.1-196 с.; ч.2- 230 с.

104. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 418 с.

105. Карпов Ю. Иммитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. / Ю. Карпов – СПб : Питер, 2005. – 400 с. – ISBN 5-94157-148-8.

106. Кузьмин И. В. Оценка эффективности и оптимизация автоматических систем контроля и управления / И. В. Кузьмин. – М. : «Советское Радио», 1971. – 296 с.

107. Буряк В. В. Эффективность информационных систем: учеб. пособие для студентов специальностей «Экономическая кибернетика» и «Интеллектуальные системы принятия решений» / В. В. Буряк, О. Л. Ольховская. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 76 с.

108. Сарвин А. А. Диагностика и надежность автоматизированных систем: Письменные лекции / А. А. Сарвин, Л. И. Абакулина, О. А. Готшалк. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 69 с.

109. Экономическая эффективность информационных технологий [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://dengifinance.ru/part-xiv/ekonomicheskaya-effektivnost-tehnologiy-v-ekonomike.html>.

110. J. R. Rumbaugh UML Object-Oriented Modeling and Design with UML 2-nd edition / J. R. Rumbaugh, M. R. Blaha – Prentice Hall, USA New Jersey, 2005. – 477p. – ISBN 978-0130159205.

111. Craig Larman Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development, Third Edition / Craig Larman – Prentice Hall, USA New Jersey, 2004. – 736 p. – ISBN 0-13-148906-2.

112. Гома Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений / Гома Х. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 704 с. – ISBN 9785-94074-723-9.

113. Unified Modeling Language™ (UML®) – [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.uml.org/>.

114. Peter Rittgen Enterprise Modeling and Computing with UML / Peter Rittgen - Idea Group, 2007. – 314 p. – ISBN 159-9041-74-X.

115. Ибрагимова С. Р. Алгоритмы точной классификации аэрокосмических изображений // С. Р. Ибрагимова – М. : Современные наукоемкие технологии, 2006. – № 1. – С. 8–13.

116. Анатольев А. Г. Компоненты сетевого приложения. Клиент-серверное взаимодействие и роли серверов [Электронный ресурс] / А. Г. Анатольев – Режим доступа : <http://www.4stud.info/networking/lecture5.html>.

117. Client/Server Fundamentals [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.networkcomputing.com/netdesign/1005part1a.html>.

118. Архитектура клиент-сервер [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://fas.aics.ru/student/lectures/aiit/cli-se.pdf>.

119. Трёхуровневая архитектура [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/198141>.

120. Understanding MVVM – A Guide For JavaScript Developers [Electronic resource]. – Access mode : <http://addyosmani.com/blog/understanding-mvvm-a-guide-for-javascript-developers/>.

121. WPF Apps With The Model-View-ViewModel Design Pattern [Electronic resource]. – Access mode : <http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx>.

122. Руководство по ASP.NET MVC 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://metanit.com/sharp/mvc5/index.php>.

123. ASP.NET MVC Overview [Electronic resource]. – Access mode : [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd381412\(v=vs.108\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd381412(v=vs.108).aspx).

124. Model-View-Controller [Electronic resource]. – Access mode : <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx>.

125. David Flanagan JavaScript: The Definitive Guide, Sixth edition / David Flanagan – O'Reilly, USA, 2011. – 1098 p. – ISBN 978-0596805524.

126. Stoyan Stefanov JavaScript Patterns / Stoyan Stefanov – O'Reilly, USA, 2010. – 240 p. – ISBN 978-0-596-80675-0.

127. Marijn Haverbeke Eloquent JavaScript second edition [Electronic resource] / Marijn Haverbeke. – Access mode : <http://eloquentjavascript.net/>.

128. Backbone.js documentation [Electronic resource]. – Access mode : <http://backbonejs.org/>.

129. Underscore.js documentation [Electronic resource]. – Access mode : <http://underscorejs.org/>.

130. AngularJS documentation [Electronic resource]. – Access mode : <https://angularjs.org/>.
131. AngularJS Introduction [Electronic resource]. – Access mode : [http://www.w3schools.com/angular/angular\\_intro.asp](http://www.w3schools.com/angular/angular_intro.asp).
132. jQuery documentation [Electronic resource]. – Access mode : <http://jquery.com/>.
133. Jeffrey Richter CLR via C# / Jeffrey Richter – Washington : Wintellect, 2012. – 862 p. – ISBN 978-0-7356-6745-7.
134. Andrew Troelsen Pro C# 5.0 and the .NET 4.5 Framework Sixth edition/ Andrew Troelsen – New Yourk : Apress, 2012. – 1487 p. – ISBN 978-1-4302-4234-5.
135. Visual C# [Electronic resource]. – Access mode : <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/kx37x362.aspx>.
136. Скит Джон C# программирование для профессионалов 2-е издание / Скит Джон – М. : Издательский дом «Вильямс», 2011. – 544 с. – ISBN 978-5-8459-1555-9.
137. Романюк О. Н. Організація баз даних і знань : навчальний посібник / О. Н. Романюк, Т. О. Савчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 218 с. – ISBN 966-641-081-8.
138. Ржеуцкая С. Ю. Базы данных. Язык SQL / Ржеуцкая С. Ю. – Вологда: ВоГТУ, 2010. – 159 с.