

МАТЕМАТИЧНЕ ТА АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Д.т.н. І.Ш. Невлюдов, к.т.н. В.В. Євсєєв, А.О. Функендорф, М.О. Голіков, Харківський національний університет радіоелектроніки

У статті запропоновано математичне та алгоритмічне забезпечення автоматизації проектування модульних конструкцій робототехнічних засобів. Вперше представлені алгоритми та моделі прийняття рішень з урахуванням параметрів міжмодульних з'єднань.

В статье предложено математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизации проектирования модульных конструкций робототехнических средств. Впервые представлены алгоритмы и модели принятия решений с учетом параметров межмодульных соединений.

The mathematical and algorithmic support for robotic devices modular design problems is proposed. Algorithms and decision models, taking into account the parameters of inter-module connections are presented for the first time.

Ключові слова: робототехнічний засіб, модульна конструкція, модель прийняття рішень, алгоритм прийняття рішень, міжмодульне з'єднання.

Вступ

На сучасних виробництвах робототехнічних засобів (РТЗ) різного призначення та конструкторсько-технологічної реалізації, в умовах глобальної автоматизації, все більш популярною тенденцією є використання модульних підходів до структуризації конструкції зазначених приладів, що забезпечено економічними показниками, а також підвищенням рівнів якості, надійності та ремонтнопридатності кінцевої продукції [1]. Використання модулів різного функціонального призначення під час процесу проектування конструкції РТЗ надає великі переваги. По-перше, зменшується час, що витрачається на проектування окремих елементів конструкції, що призводить до збільшення гнучкості процесу. Це надає можливість внесення необхідних змін за мінімальні проміжки часу. По-друге, з'являється можливість вдосконалення РТЗ без внесення змін до існуючої частини за рахунок додавання нових функціональних модулів, що безумовно є великою перевагою в умовах сучасного виробництва.

Існуючі системи автоматизованого проектування не дозволяють автоматизувати процес проектування на потрібному рівні, що обумовлено здебільшого вузькою направленістю цих систем на вирішення конкретних задач, наприклад розробки певної конструкції виробу, без урахування параметрів інших елементів системи [2-3]. Це призводить до необхідності одночасного використання певної кількості вузько спеціалізованих систем, що все

одно не дозволяє досягти необхідного ступеня автоматизації проектувальних робіт.

Внаслідок цього виникає необхідність в розробці нових рішень для реалізації процесу проектування конструкції РТЗ, а саме алгоритмічного забезпечення та моделей прийняття рішень, з урахуванням параметрів міжмодульних з'єднань.

Математичне забезпечення

Основою математичного забезпечення для вирішення вказаних задач автоматизації процесів проектування конструкцій РТЗ є параметрична модель та модель прийняття рішень про вибір складальних модулів з урахуванням їх узгодженості в цілісній системі. Виходячи з того, що до складу модульної конструкції може входити n кількість модулів, а кожен з модулів, в свою чергу, має m різних параметрів, то необхідним є створення стандартизованого опису кожного модулю для створення алгоритму прийняття рішень. За такий опис було обрано класифікацію модулів за типом функціонального призначення [4-5]. Така класифікація дозволяє зменшити кількість необхідних параметрів, що, в свою чергу, призведе до спрощення алгоритму прийняття рішень.

В рамках теорії множин, що отримала подальший розвиток в наведеній роботі, повна узагальнена параметрична модель РТЗ як цілісної системи має вигляд [6-7]:

$$R = \{M, R\}, \quad (1)$$

де M – множини загальних та специфічних параметрів, що притаманні структурним функціональним модулям:

$$M = \{M_{\Pi}, M_C, M_M, M_K, M_{iH}, M_{ЗВ}\}, \quad (2)$$

де M_{Π} – множини загальних та специфічних параметрів модуля переміщення,

M_C – множини загальних та специфічних параметрів маніпуляційного модуля,

M_M – множини загальних та специфічних параметрів маніпуляційного модуля,

M_K – множини загальних та специфічних параметрів корпусного модуля,

M_{iH} – множини загальних та специфічних параметрів інформаційно-керуючого модуля,

$M_{зв}$ – множини загальних та специфічних параметрів зв'язку з людиною,

R – множини відносин між модулями, що представлені параметрами зв'язків для кожного з них.

Тоді модель прийняття рішень приймає наступний вигляд [8]:

$$S = \langle \{M, R\}, P \rangle, \quad (3)$$

де P – підмножини зазначених множин, що дозволяє досягти цілі, $P \subset M, P \subset R$.

Таким чином задача вибору складових модулів, що задовольняє заданим вимогам, зводиться до досягнення поставлених цілей шляхом вибору відповідних підмножин параметрів з загальних множин, притаманних відомим модулям аналогічного функціонального призначення.

Алгоритмічне забезпечення

Забезпечення функціонування розроблених моделей для вирішення задач автоматизації проектування модульної конструкції РТЗ різноманітного призначення шляхом програмної реалізації потребує розробки відповідного алгоритмічного забезпечення. Таким чином, підмножини значень параметрів, притаманних кожному з модулів, мають зберігатись у накопичувальній базі даних (БД), що зводить процес отримання необхідних показників до зчитування відповідних полів у таблицях БД.

Одним з головних критеріїв до запису та подальшого застосування параметричних описів модулів є їх неповторність та інформативність [9-10]. Для досягнення цієї мети, необхідним є коректне редагування таблиць БД, структура якої приведена на рис. 1.

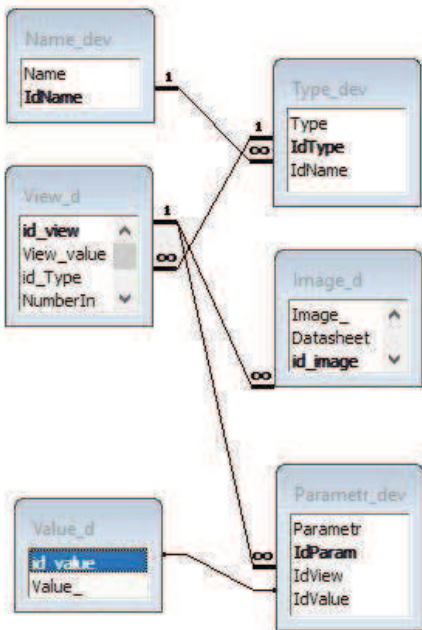


Рис. 1. Фізична структура розробленої БД

З метою зменшення помилок та спрощення процесу роботи, структура доступу до БД має містити декілька рівнів авторизації, а саме: рівень користувача (що дозволяє проводити безпосереднє проектування модульної конструкції РТЗ, та створювати документи, що містять описи кінцевого продукту), та рівень адміністратора (що дозволяє редагувати данні розміщені у БД).

Алгоритм редагування таблиць БД шляхом їх доповнення, що може бути реалізованим з рівня доступу адміністратора, зображено на рис.2, 3.

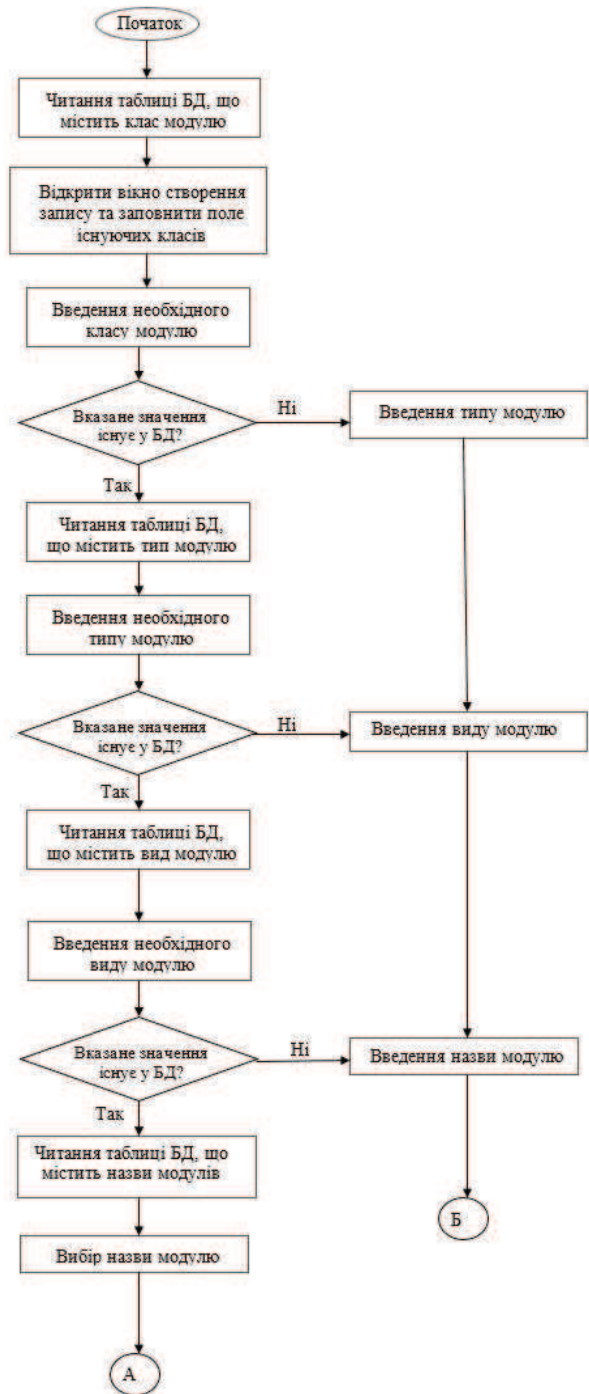


Рис. 2. Алгоритм редагування БД шляхом її доповнення

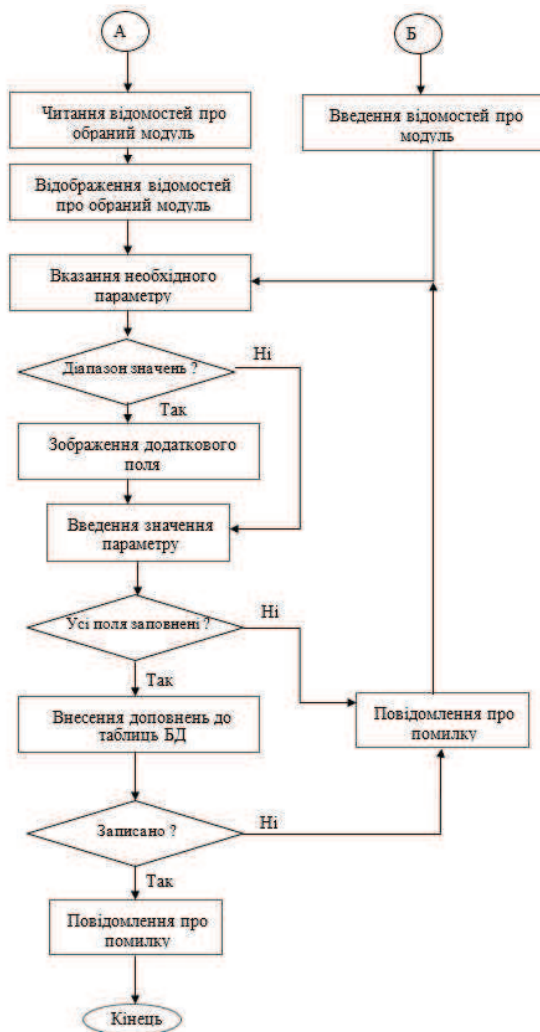


Рис. 3. Алгоритм редагування БД шляхом її доповнення

Наведений алгоритм редагування БД шляхом доповнення виконує функції розподілення інформації по всім таблицям БД з урахуванням виключення можливості її задвоєння. Таким чином, за одну операцію запису до БД можна записати лише один параметр. Це дозволяє запобігти виникненню помилок під час введення даних та використати вже існуючі назви параметрів, таким чином зменшити кількість інформації у БД не впливаючи на її інформативність, при цьому допомогти користувачеві не зробити помилку під час створення модулів. Це досягається шляхом відображення вже існуючих даних, використання яких не суттєво вплине на об'єм інформації та збільшить інформативність модулів, що знаходяться у БД. Також алгоритм перевіряє введені користувачем дані на їх коректність, що запобігає виникненню помилок на етапі створення модулів та їх запису до БД, що, у свою чергу, запобігає виникненню помилок роботи вже під час проектування конструкції та правильного функціонування кінцевого розробленого РТЗ.

Заповнені БД дозволяють реалізацію безпосередньо самого етапу проектування модульної конструкції РТЗ у автоматизованому режимі. З урахуванням дворівневої системи авторизації на рівні

користувача є можливою реалізація вибору та додавання необхідного модулю, перегляду відомостей про обраний модуль та стан проектування, створення та редагування з'єднань між обраними модулями з урахуванням їх параметрів та ступеню задіяності кожного з них у системі в цілому, генерація відповідної документації. Рівень адміністратора дозволяє виконувати аналогічні дії з додавання можливості редагування БД.

Згідно з наведеними моделями прийняття рішень та безпосереднім доступом до множин значень параметрів, підхід до проектування модульної конструкції зводиться до впорядкованої послідовності виконання певних етапів (рис. 4)



Рис. 4. Послідовність дій під час проектування модульної конструкції РТЗ

Найважливішим етапом під час процесу проектування РТЗ є етап створення з'єднання між окремими модулями, що і забезпечує підвищення загального рівня автоматизації проектувальних робіт та узгодженість складових функціональних модулів РТЗ у цілісній системі. Алгоритм цього процесу зображено на рис. 5.

Процес створення з'єднання складається з трьох етапів. Першим етапом є перевірка відомостей першого модуля на предмет ступеня його задіяності у системі, другим етапом є перевірка другого модуля на ступінь його задіяності у системі. Найважливішим є третій етап. Саме цей етап, зазвичай, приймає рішення про можливість створення з'єднання. Під час цього етапу, обидва модулі перевіряються на можливість створення з'єднання за параметрами, що описують вільні з'єднання у кожному з модулів. Цими параметрами є тип

з'єднувачів на кожному з модулів та можливість співвідношення модулів за моделлю прийняття рішень (3).

Описані етапи проводяться під час створення як електричних (інформаційних) з'єднань так і механічних (фізичних) з'єднань між модулями.

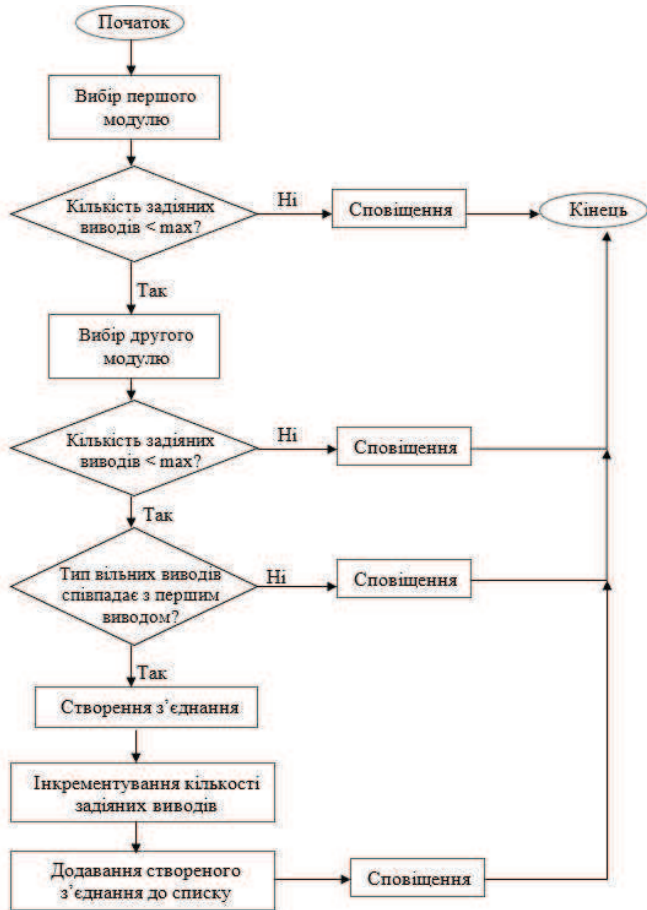


Рис. 5. Алгоритм створення з'єднання між двома модулями

Завершальним етапом зазначених проектувальних робіт є автоматична генерація файлу з відомостями про конкретний спроектований РТЗ (Netlist), на базі якого, може будуватись алгоритм зі створення технологічної схеми складання з базовою деталлю, що безпосередньо забезпечує реалізацію самого технологічного процесу в умовах застосування модульних підходів. Генерування такого файлу забезпечує збереження та перенесення інформації, а також можливість створення резервної копії даних.

Алгоритм генерування файлу Netlist зображено на рисунку 6.

Розроблений алгоритм створює текстовий файл, до якого записується ідентифікатор та назва кожного модулю, параметри міжмодульних з'єднань та відомості про розробку спроектованої конструкції РТЗ:

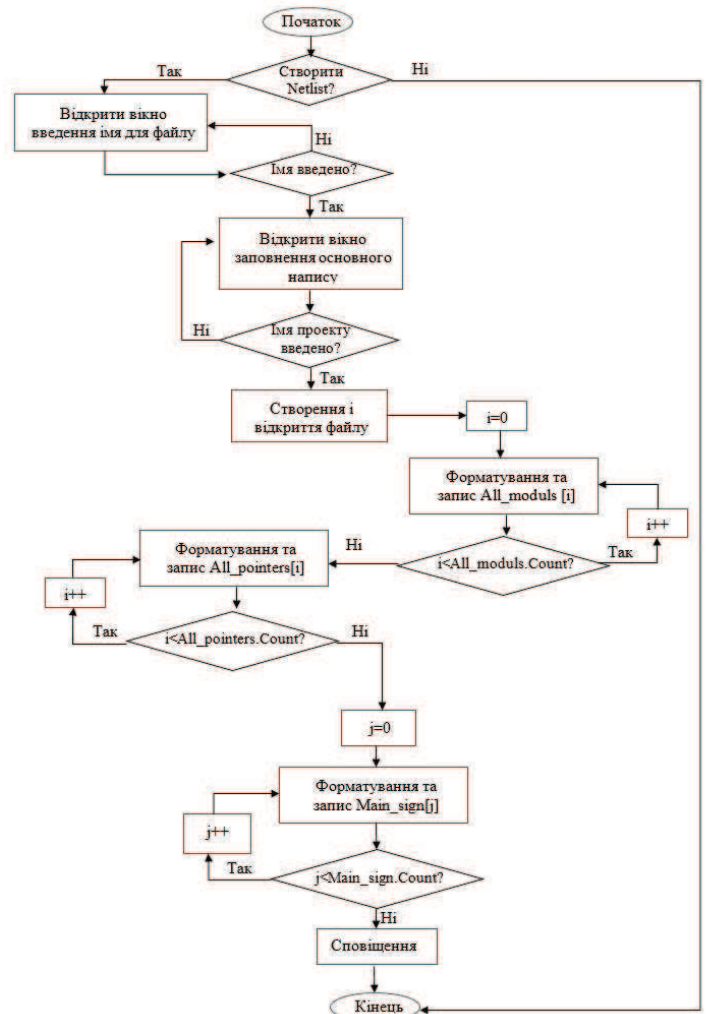


Рис. 6. Алгоритм генерування файлу Netlist

Приклад згенерованого файлу наведено на рисунку 7.

```

MODULES
ID:1:G17-t;
ID:2:VR 697;
ID:3:MM-01;
MODULES_END

CONTACT
ID:1:G17-t(H/ID:2:VR 697+VCC/CAN);
ID:2:VR 697(A1/ID:3:MM-01+HD/CAN);
ID:1:G17-t(fg/ID:2:VR 697+tyu/MC_1);
CONTACT_END

MAIN SIGN
Designer_Голиков;
Appruver_Евсеев;
Ncontrol_;
Tester_Синотин;
DesignPlase_XHYPЭ;
NumberProduct_ГЮМК 100.001.01;
NameProduct_Манипулятор;
MAIN SIGN_END
    
```

Рис. 7. Вміст згенерованого файлу Netlist

Логіка обробки даних зі згенерованого файлу зображена на рисунку 8.

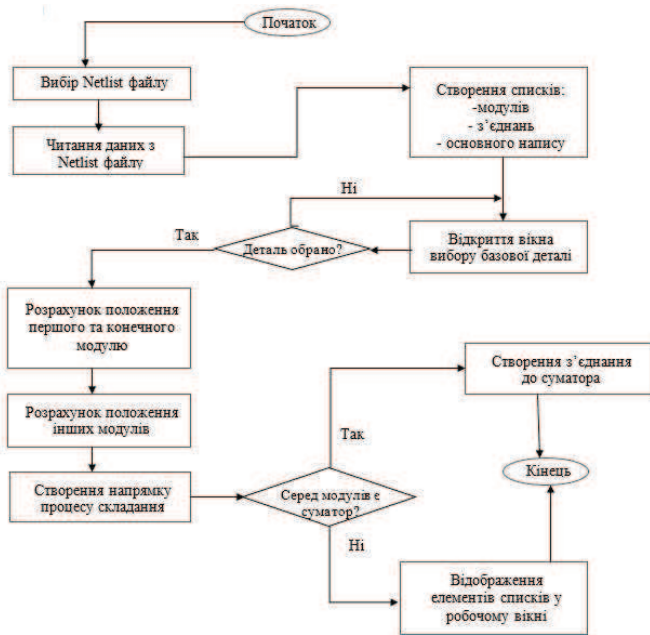


Рис. 8. Алгоритм обробки даних з файлу Netlist

Наведений алгоритм обробки даних з файлу Netlist робить можливою подальшу узгодженість та інтеграцію розробленої програмної реалізації вказаних рішень до інших систем автоматизованого проектування безпосередньо технологічних процесів складання та створення нових відповідних програмних модулів.

Висновки

Розроблені в рамках теорії множин, що отримала подальший розвиток в наведеній роботі, параметрична модель та математична модель прийняття рішень о виборі складових функціональних модулів РТЗ були вперше отримані з урахуванням їх узгодженості у цілісній системі пристрою шляхом введення множин параметрів роз'ємних міжмодульних з'єднань, характерних для конструкцій вказаного типу.

Отримані результати надали можливість подальшої розробки алгоритмічного забезпечення, в тому числі і алгоритму створення міжмодульних з'єднань, необхідного для програмної реалізації автоматизації проектування модульних конструкцій РТЗ різноманітного призначення, розподілених за функціональними ознаками, з урахуванням узгодженості складових елементів конструкції відповідно математичній моделі прийняття рішень.

В рамках зазначеної реалізації задач автоматизації проектних робіт шляхом створення модуля системи автоматизованого проектування модульної конструкції РТЗ з дворівневою системою авторизації була розроблена накопичувальна БД з можливістю її редагування шляхом доповнення та видалення параметрів функціональних

складових модулів, а також відповідне програмне забезпечення. Функція автоматичної генерації файлу Netlist, що містить всі необхідні відомості про конкретний спроектований РТЗ, забезпечує високий рівень інтеграції розробленого програмного модулю до інших середовищ систем автоматизованого проектування складальних процесів.

Представлений підхід до проектування модульної конструкції РТЗ, що зведений до впорядкованої послідовності виконання певних етапів в рамках представленої реалізації, може полягти в основу подальшої розробки уніфікованого методу автоматизації процесів проектування модульних конструкцій різноманітного призначення та конструкторсько-технологічної реалізації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Recent Advances in Robotic Systems [Text] / Edited by Guanghui Wang. – P: InTech, 2016. – 292 p.*
2. *Groover, M. CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing [Text] / M. Groover. E. Zimmers – P: Pearson Technology Group, 2008. – 514 p.*
3. *Козырев, Ю.Г. Промышленная робототехника, мехатроника и проблемы автоматизации сборочных операций [Текст] / Ю.Г. Козырев // Сборка в машиностроении, приборостроении : ежемесячный научно-технический и производственный журнал. - 2006. - N2. - С. 16-24.*
4. *Функендорф, А.А. Структурный анализ современных робототехнических систем [Текст] / А.А. Функендорф, А.А. Кушлак, // 19 международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке». Сб. материалов форума. Т.1. – Харьков: ХНУРЭ. 2015. – 209с.*
5. *Голиков М.О. Автоматическое проектирование модульной сборки устройств [Текст] / М.О Голиков, А.А. Функендорф, // 20 международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке». Сб. материалов форума. Т.1. – Харьков: ХНУРЭ. 2016. – 189с..*
6. *Овезельдыев, А.О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / А.О. Овезельдыев, Э.Г. Петров, К.Э. Петров. – К.: Наукова думка, 2002. – 163 с.*
7. *Петров, Е.Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах [Текст]: Навч. посібник / За ред. Е.Г. Петрова. – К.: Техніка, 2004. – 256 с.*
8. *Kochenderfer, Mykel J. Decision Making Under Uncertainty: Theory and Application (MIT Lincoln Laboratory Series) [Text] / Mykel J. Kochenderfer, Christopher Amato, Girish Chowdhary, Jonathan P. How, Hayley J. Davison Reynolds, Jason R. Thornton, Pedro A. Torres-Carrasquillo, N. Kemal Üre, John Vian. – MIT Press, 2015. – 319 p.*
9. *Талманн, Л. Обеспечение высокой доступности систем на основе MySQL [Текст]: Учебник / Л. Талманн, М. Кундал, Ч. Белл. – СПб.: БВХ-Петербург, 2012. – 624 с.*
10. *Davidson, L. Pro SQL Server Relational Database Design and Implementation [Text] / Louis Davidson, Jessica Moss. – Kindle Edition, 2016. – 782 p.*