

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**КУЗЬМІНА НАТАЛЯ ФЕДОРІВНА**

УДК 004.9+519.7

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ГРУПОВИХ  
РІШЕНЬ У РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ**

05.13.06 – інформаційні технології

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Вінниця – 2020

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор,  
член-кореспондент НАПН України  
**Квстний Роман Наумович,**  
Вінницький національний технічний університет,  
завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних  
інформаційних технологій

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Вишнівський Віктор Вікторович,**  
Державний університет телекомунікацій,  
завідувач кафедри комп'ютерних наук

доктор технічних наук, професор  
**Зіатдінов Юрій Кашафович,**  
Національний авіаційний університет,  
декан аерокосмічного факультету

Захист відбудеться «15» жовтня 2020 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК, ауд. 210.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК, а також на сайті університету.

Автореферат розісланий «25» серпня 2020 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

С. М. Захарченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Розвиток сучасної науки і техніки характеризується діяльністю людей, що тісно пов'язана з прийняттям рішень і полягає у визначенні оптимальної дії з множини всіх можливих дій для досягнення поставленої мети. Деякі з рішень, що приймаються спрямовані на вирішення важливих задач керування об'єктами та діями і характеризуються значним впливом на розвиток подій. За таких обставин доцільно приймати рішення групою осіб для забезпечення більшої ефективності. Все більшого розповсюдження набувають розподілені системи підтримки прийняття групових рішень, що дозволяють легко з'єднувати користувачів з обчислювальними ресурсами і успішно приховувати той факт, що ресурси розміщені у різних місцях мережі. У таких системах вирішальну роль відіграє груповий вибір, прийняття рішень з метою управління складними процесами. Процес формування комплексного рішення групою осіб являє собою складну задачу, яка все ще не має оптимального вирішення, хоча і базується на принципах формування індивідуального рішення.

Варто відмітити, що груповий вибір, зазвичай, здійснюється в умовах невизначеності. Як підходи до вирішення даної задачі пропонуються методи голосування, ранжування, алгоритми нечітких правил, однак, дані методи ефективні лише за умов відомих алгоритмів прийняття індивідуальних рішень групи користувачів.

У реальних умовах користувачі можуть приймати рішення зважаючи на свій досвід та знання у даній галузі, тому методи прийняття групових рішень повинні дозволяти враховувати всі фактори впливу на індивідуальний вибір кожного користувача, що приймає рішення, а отже і на комплексне групове рішення загалом. Існуючі ж методи, що враховують досвід осіб, що приймають рішення, мають велику обчислювальну складність.

Вагомий внесок у моделювання та дослідження систем підтримки прийняття рішень внесли такі провідні вітчизняні та зарубіжні науковці як Л. С. Файнзільберг, А. Б. Петровський, J. S. Coleman, E. Turban, O. I. Ларічев, I. Г. Черноруцький, D. Power, E. Мулен, В. В. Подіновський, I. М. Макаров, Д. Канеман, Л. В. Найханова, В. Ключко, Е. Шумков, Н. Н. Кітаєв, В. Ф. Ситник, П. І. Бідюк. Серед науковців Вінницького технічного університету дослідженням систем підтримки прийняття рішень і моделювання локальних людино-машинних систем колективної взаємодії займався професор А. М. Петух. Дана робота базується на підходах та дослідженнях розпочатих під керівництвом А. М. Петуха.

Отже, враховуючи вищевикладене, актуальною є задача розробки та дослідження ефективних методів підтримки прийняття групових рішень, що дозволять враховувати неформальні правила прийняття групових рішень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась у Вінницькому національному технічному університеті та пов'язана з держбюджетною науково-дослідною роботою «Методологія організація колективної взаємодії з використанням комп'ютерних технологій», номер держреєстрації 0105U002413, тема номер 55-Д-280 та науково-дослідною роботою «Розробка автоматизованої системи документообігу, моніторингу та управління навчальним процесом магістерської підготовки», тема номер 7204, а також з роботами по розробці нових інформаційних технологій згідно планів кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій у рамках роботи філії кафедри на науково-виробничому підприємстві “Спільна Справа” у 2019-2020 роках.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності прийняття групових рішень за допомогою використання нової інформаційної технології на основі баєсових мереж. Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати такі *задачі*:

- Проаналізувати сучасні інформаційні технології підтримки прийняття групових рішень у розподілених системах. Дослідити особливості групового вибору альтернатив та провести аналіз методів прийняття групових рішень.

- Формалізувати параметри моделі та сформувати інформаційну модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень.

- Розробити інформаційну технологію прийняття групових рішень у розподілених системах.

- Розробити алгоритмічні засоби розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень.

- Розробити підхід до програмної реалізації системи підтримки прийняття групових рішень.

**Об'єктом дослідження** є процес прийняття групових рішень у розподілених системах підтримки прийняття рішень.

**Предметом дослідження** є методи та засоби реалізації розподілених систем підтримки прийняття групових рішень.

**Методи дослідження.** У процесі дослідження використані наступні методи: теорія прийняття рішень для побудови систем підтримки прийняття групових рішень; методи групового вибору для забезпечення прийняття рішень користувачами; теорія ймовірності та теорія баєсових мереж для забезпечення ефективної роботи розподіленої системи підтримки прийняття рішень та уникнення конфліктних ситуацій під час прийняття рішень користувачами.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у тому, що:

1. Уперше запропоновано інформаційну технологію підтримки прийняття групових рішень у розподілених системах, яка на відміну від існуючих технологій ґрунтується на динамічній баєсовій мережі та технології Windows Communication Foundation, що дозволяє пришвидшити прийняття групових рішень при збереженні їх достовірності, а також одночасно здійснювати тренінг осіб, що приймають рішення.

2. Уперше запропоновано нову інформаційну модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, яка дозволяє поєднувати усі елементи розподіленої системи та, забезпечує можливість впливу на початкові ймовірності появи альтернатив для прийняття рішень, шляхом введення поточних переваг користувачів.

3. Запропоновано метод підготовки даних для прийняття групових рішень за допомогою баєсової мережі, який на відміну від існуючих дозволяє формувати альтернативи для вибору користувачів шляхом статистичного аналізу навчальної вибірки, що дає можливість підвищити ефективність прийняття групових рішень за рахунок пропонування найбільш ймовірних початкових альтернатив для вибору користувачами.

4. Запропоновано динамічну баєсову мережу для формування альтернатив вибору користувачів, яка використовує апіорні ймовірності появи альтернатив та динамічно оновлюється під час кожного етапу прийняття рішень користувачами, що дозволяє пропонувати найбільш ймовірні альтернативи на кожному етапі прийняття рішень користувачами до закінчення усіх альтернатив.

**Практичне значення отриманих результатів.** Практична цінність результатів дисертаційного дослідження полягає в тому, що:

- розроблено алгоритмічне забезпечення розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень;
- розроблено та програмно реалізовано технології групового прийняття рішень з врахуванням переваг кожного користувача;
- розроблено програмне та методичне забезпечення групового навчання програмуванню, яке використовує запропоновану інформаційну технологію з модулями синтаксичного аналізу програмних кодів.

Отримані на основі наукових досліджень практичні результати впроваджено в компанії «Спільна Справа» (м. Вінниця), а також у навчальний процес у Вінницькому національному технічному університеті на кафедрі автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, що підтверджено відповідними актами, наведеними в додатках до дисертації.

**Особистий внесок здобувача.** Основні теоретичні та експериментальні дослідження та висновки дисертаційної роботи отримані автором особисто.

У наукових працях та доповідях, що виконані та опубліковані у співавторстві авторів належать: розробка практичних рекомендацій щодо використання принципів реалізації групового вибору в інтерактивній системі колективної взаємодії [8], розробка моделей реалізації режимів групового вибору в інтерактивній системі колективної взаємодії [7], розробка інтерфейсних елементів режимів роботи користувачів в інтерактивних системах [6], аналіз методів забезпечення групового вибору користувачів в інтерактивних системах [14], розробка програмної реалізації групового вибору з використанням принципу медіани Кемені [20], аналіз методів автоматизації процесу прийняття рішень та прогнозування подій в інтерактивних системах [13], розробка програмної реалізації групового вибору з використанням баєсової мережі [19], розробка

інформаційної моделі системи підтримки прийняття групових рішень [12], розробка алгоритмічної реалізації системи автоматизованого ведення документообігу [17], забезпечення автоматизації системи ведення документообігу [16], розробка алгоритмічного забезпечення автоматизованої системи підтримки групових рішень [5], розробка аналітичного забезпечення функціонування комп'ютеризованої системи управління навчальними планами [15], розробка програмних модулів розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень [21], розробка алгоритмічного забезпечення розподіленої системи [18], розробка практичної реалізації інформаційної технології розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень [2], огляд методів обчислення байєсових мереж [1], розробка моделі процесу підтримки прийняття рішень з використанням Байєсових мереж [9].

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні результати дисертаційного дослідження доповідались та обговорювались на наступних науково-практичних конференціях: Міжвузівська науково-практична конференція «Прогресивні інформаційні технології в науці та освіті» (м. Вінниця, 2007 р.), Третя міжнародна науково-практична конференція «Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології» м. Кременчук, 2008 р.), Четверта Міжнародна конференція по оптоелектронним інформаційним технологіям «Фотоніка ODS-2008» (м. Вінниця, 2008 р.), XXXV, XXXVI, XXXVII, XXXVIII, XL, XLI, XLIX науково-технічні конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету (м. Вінниця, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2020 рр.), Шоста міжнародна конференція «Інтернет Освіта Наука (IES-2008)» (м. Вінниця, 2008 р.), Дванадцята міжнародна конференція «Інтернет Освіта Наука (IES-2020)» (м. Вінниця, 2020 р.), VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference “Vedecky prumysl evropskeho kontinentu - 2012” (Praha, 2012 р.), Міжнародна науково-технічна конференція студентів та молодих вчених “Інформатика, математика, автоматика – 2020” (Суми, 2020 р.).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 21 науковій праці, із них: 7 статей у наукових виданнях, які входять до переліку фахових видань з технічних наук, затверджених МОН України, 1 стаття у закордонному періодичному виданні, 2 статті у періодичних виданнях України, 8 тез виступів на науково-технічних конференціях та матеріалів міжвузівських науково-практичних конференцій та 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний зміст роботи викладено на 118 сторінках друкованого тексту, містить 68 рисунків та 3 таблиці. Список використаних джерел містить 142 найменування. Загальний обсяг роботи становить 184 сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, зазначено її зв'язок з науковими програмами, планами та темами, сформульовано мету та напрямок досліджень, відзначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надано інформацію про їх впровадження, апробацію та публікації.

У першому розділі дисертаційного дослідження здійснено аналіз сучасних систем підтримки прийняття групових рішень в умовах невизначеності. Виконано порівняльний аналіз принципів групового вибору альтернатив у системах підтримки прийняття рішень, а також проведено аналіз методів прийняття групових рішень.

Проведено огляд методів обчислення баєсових мереж, який дозволив виділити точні та наближені методи та визначити переваги та недоліки їх застосування. У результаті проведеного огляду було встановлено, що кожен метод дозволяє обчислити лише обмежений діапазон структури баєсової мережі, що значно обмежує можливості застосування таких методів на практиці та породжує необхідність детального дослідження та модифікації методів обчислення баєсових мереж.

Проведено детальний аналіз методів кластеризації для розрахунку баєсових мереж. Встановлено, що системи підтримки прийняття рішень, що базуються на баєсових мережах допускають пряму та логічну інтерпретацію структури відношень між змінними задачі, що значно спрощує розуміння процесу прийняття рішень. На додаток системи, що базуються на баєсових мережах, дозволяють користувачам не лише приймати рішення, а й паралельно здійснювати навчання, тестування та оцінку знань користувачів.

Встановлено, що одним з найбільш ефективних інструментів, що використовуються для системи підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності є методи, що базуються на баєсових мережах, тому баєсові мережі взяті за основу для розробки інформаційної моделі та технології системи підтримки прийняття групових рішень.

Обґрунтовано актуальність наукової та практичної задачі розробки інформаційної технології підтримки прийняття групових рішень у розподілених системах, що базується на аналітичному апараті баєсових мереж та визначено загальні задачі дослідження.

У другому розділі ідентифіковано та формалізовано компоненти процесу прийняття групових рішень у розподілених системах.

Визначено, що процес підтримки прийняття групових рішень містить велику кількість елементів, які необхідно врахувати при розробці систем підтримки прийняття групових рішень, особливо, якщо ці системи дозволяють з'єднувати користувачів, що територіально розподілені.


Запропоновано комплексну інформаційну модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, яку можна подати у вигляді наступного кортежу:  $M_s = \{A_0, C, Z, U, V, A, L, T_g, M, D_g, H, \Psi\}$  де  $A_0$  – головна мета роботи

розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень – оптимального рішення у конкретний момент часу;  $C$  – множина мережі комп'ютерів користувачів;  $Z$  – кількість активних з'єднань;  $U$  – множина користувачів;  $V$  – варіанти методу групового вибору користувачів,  $A$  – доступні альтернативи;  $L$  – множина причинно-наслідкових зв'язків між альтернативами;  $T_g$  – загальний час роботи системи у процесі прийняття комплексного рішення,  $M$  – кількість ітерацій прийняття рішень для прийняття кінцевого комплексного рішення;  $D_g$  – комплексне рішення користувачів, що являє собою множину усіх прийнятих рішень за час  $T_g$ .  $H$  – оператор моделювання, який характеризує відношення множини альтернатив до множини зв'язків. Оператор оцінки показника ефективності  $\Psi$  співвідносить множину вихідних характеристик моделі  $D_g$  до множини значень коефіцієнта відповідності обраних альтернатив прийнятому рішенню системи.

Вхідними параметрами для інформаційної моделі є множина мережі комп'ютерів користувачів, кількість активних з'єднань, множина користувачів, варіанти методу групового вибору користувачів, множина доступних альтернатив, множина причинно-наслідкових зв'язків між альтернативами, час прийняття рішень користувачами, час затримки відповіді системи на дії користувача, час реалізації групового вибору користувачів у процесі прийняття рішення та загальний час роботи системи у процесі прийняття комплексного рішення. Вихідним параметром моделі є комплексне рішення користувачів, що являє собою множину усіх прийнятих рішень.

Серед вхідних параметрів системи особливо варто відмітити  $Z$  – кількість активних з'єднань, оскільки  $Z$  не завжди буде дорівнювати  $U$  – множині мережі користувачів та  $C$  – множині мережі комп'ютерів користувачів. Дана особливість пояснюється тим, що на одному комп'ютері користувача може одночасно виконуватись декілька копій програми клієнта, тому існує можливість використання одного комп'ютера для підтримки прийняття групових рішень декількох користувачів. Дана властивість дозволяє розширити сферу застосування системи у випадку обмежених апаратних засобів, оскільки особисті переваги користувачів будуть враховані системою навіть у випадку одночасного використання одного і того ж комп'ютера.

Обґрунтовано використання алгоритму зв'язного дерева. Визначено галузі використання баєсових мереж та основні принципи підтримки спільної роботи користувачів, що територіально розподілені.

Баєсову мережу, яка ілюструє зв'язне дерево ймовірностей появи елементів програмного коду подано на рис. 1. У вигляді еліпсу  позначено функцію, як структурний елемент конкретної альтернативи тестового коду для вибору користувачів. Над еліпсами наведено скорочений зміст відповідної функції чи будь-якого іншого елемента програмного коду (бібліотеки, визначення і т.і.). Для прикладу, елемент Define1 містить у собі виклик функції LRESULTCALLBACKWndProc з параметрами: Hwnd, UNIT, WPARAM,



## LPARAM.

Чорним кольором на рисунку позначені апріорні ймовірності появи відповідного компонента програмного коду: **yes 0.6**. У даному випадку ймовірність появи елемента Include1, який містить у собі бібліотеку #include “stdafx.h” складає 0.6. Сірим кольором відповідно позначені ймовірності неяви відповідного елемента програмного коду **no 0.411416**. У даному випадку ймовірність неяви елемента Function\_decl4, який містить у собі виклик функції LRESULTCALLBACK дорівнює 0.411416. За допомогою стрілок-показчиків вказано напрямки взаємозалежностей зв’язків між елементами баєсової мережі та їх взаємодія.

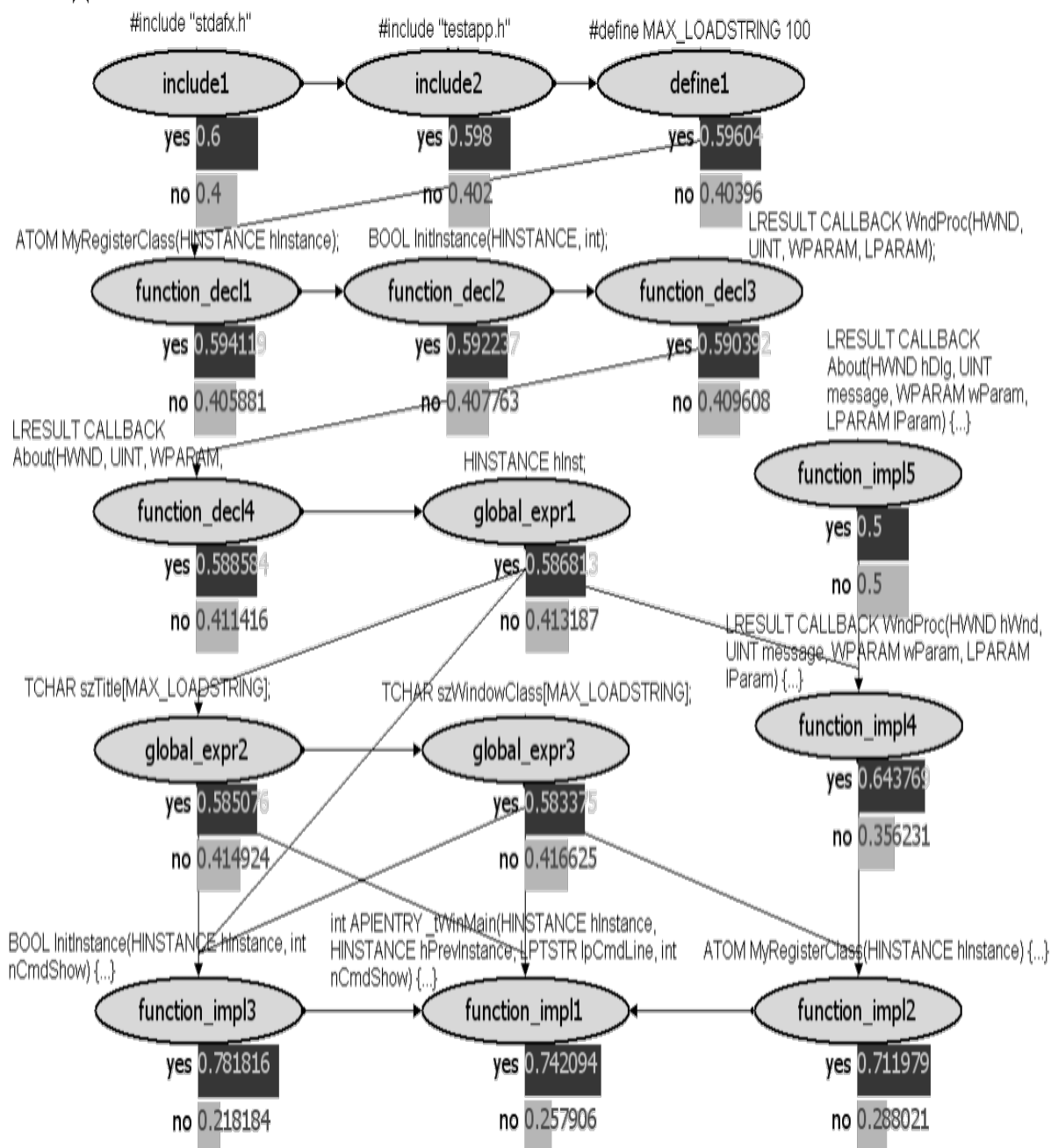


Рисунок 1 – Баєсова мережа ймовірностей появи елементів програмного коду

У третьому розділі дисертаційного дослідження розроблено інформаційну технологію забезпечення функціонування розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень.

Реалізація розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень базується на розробленій інформаційній технології та складається з інформаційної моделі, алгоритмічних, апаратних, модульних та програмних засобів, дозволяючи здійснювати програмну обробку вхідних даних від користувачів надаючи можливість користувачам приймати групові рішення з підвищеною ефективністю.

Основними завданнями розробленої інформаційної технології є:

- Постановка задачі процесу прийняття рішень.
- Ідентифікація користувачів.
- Організація процесу прийняття рішень (вибір методу групового вибору, формування множини альтернатив рішень залежно від обраного методу рішень, забезпечення методу більшості під час прийняття рішень, формування баєсової мережі, визначення ймовірностей появи елементів альтернатив, забезпечення роботи системи за допомогою баєсової мережі і т.д.).

- Фіксування результатів роботи користувачів (визначення кількості правильних та неправильних рішень).

Загальну схему реалізації такої інформаційної технології подано на рис. 2.



Рисунок 2 – Загальна схема реалізації інформаційної технології підтримки прийняття групових рішень

Розроблена технологія у загальному вигляді може бути використана для широкого кола задач, але найбільш ефективною вона буде для задач, які потребують аналітичних вхідних наборів даних та переваг експертів для

визначення оптимального порядку дій.

Унікальною особливістю розробленої інформаційної технології є її реалізація у двох режимах роботи, за методом більшості та з використанням баєсової мережі, що дозволяє порівняти ефективність прийнятих рішень та кількість конфліктних ситуацій, які виникають у процесі прийняття рішень.

Метод більшості може використовуватись у випадку коли важливий консенсус при прийнятті рішень користувачами, а режим з використанням баєсової мережі – коли важливий найбільш ймовірний варіант розвитку подій за перевагами користувачів.

У розробленому алгоритмі роботи інформаційної технології також реалізовано принципи колективної взаємодії, які дозволяють використовувати декілька пристроїв вводу інформації на одному комп'ютері, що дозволяє декільком користувачам ділити апаратні засоби комп'ютерів у випадку, коли їх кількість обмежена.

Одним з прикладів застосування розробленої інформаційної технології можна виділити забезпечення спільної роботи користувачів над побудовою програмного коду. Процес побудови програмного коду складається з декількох етапів. На виконання кожного етапу користувачам відводиться певна кількість часу, по закінченні якого відбувається фіксація результатів прийнятих рішень та аналіз кількості правильних та хибних дій кожного користувача.

Використання математичного апарату баєсових мереж дозволяє приймати комплексне рішення на основі перерахунку апріорних ймовірностей появи блоків тестового програмного коду та рішень користувачів.

Кожне рішення або перевага користувача впливає на загальне рішення користувачів. Це відбувається шляхом введення нових доказів у сформовану баєсову мережу. Кожна підтверджена рішенням користувача альтернатива збільшує ймовірність появи наступних пов'язаних з нею та залежних від неї альтернатив. Дане правило діє і у протилежному напрямку: тобто, кожна не підтверджена альтернатива зменшує ймовірність появи наступних залежних від неї альтернатив. Після кожного етапу прийняття рішень користувачами відбувається модифікація баєсової мережі у відповідності з введеними доказами користувачів. Дана процедура ідентична для обох режимів підтримки прийняття рішень: з використанням баєсової мережі та за методом більшості. Таким чином, розроблена інформаційна технологія може використовуватись для забезпечення елементів навчання правильної послідовності побудови програмного продукту, а також перевірку знань користувачів у галузі розробки програмного забезпечення. Дана особливість розробленої інформаційної технології дозволить використовувати її реалізацію у навчальному процесі, оскільки забезпечить можливість дистанційного навчання та контролю знань студентів.

Розподілена система підтримки прийняття групових рішень на основі розробленої інформаційної технології також дозволить одночасно працювати великій кількості студентів, наприклад з'єднуючи різні групи студентів, що займаються у окремих комп'ютерних класах університету.

Загальна схема взаємозв'язку користувачів у реалізації розробленої інформаційної технології зображена на рис. 3.

Сервер розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, що базується на розробленій інформаційній технології зв'язаний двостороннім зв'язком з клієнтами за допомогою відповідних модулів.

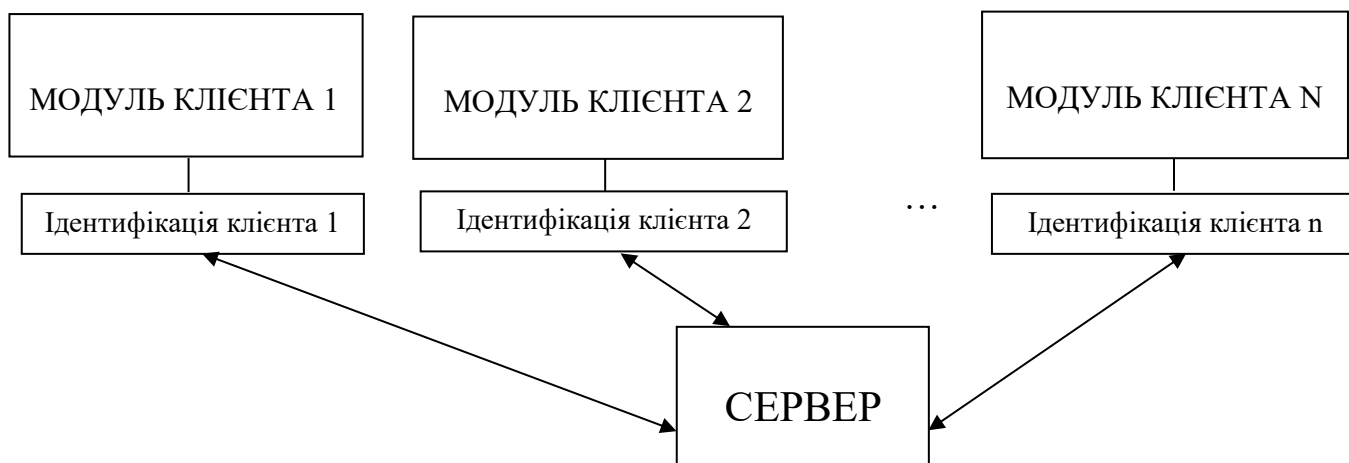


Рисунок 3 – Загальна схема взаємозв'язку користувачів у реалізації розробленої інформаційної технології

Модулі співставляються з клієнтами та ідентифікуються за тими ж ознаками, що й клієнти. Для початку роботи системи необхідно з'єднати користувачів у мережу (за допомогою дротового або бездротового з'єднання) та надати користувачам доступ до файлу «клієнта» програми.

Після встановлення з'єднання користувач-адміністратор запускає на виконання файл «серверу» програми та повідомляє користувачам про необхідність запуску «клієнтів» на їх комп'ютерах. Під час встановлення з'єднання «клієнт-сервер» відбувається ідентифікація користувачів, шляхом присвоєння ним порядкового номера. Після того, як усі користувачі під'єдналися до системи, користувач-адміністратор вибирає файл для синтаксичного аналізу. Обраний файл обробляється синтаксичним аналізатором програмного коду, який визначає та формує окремі блоки програмного коду (коментарі, що містяться у тексті програмного коду не враховуються і ігноруються синтаксичним аналізатором). Метод підготовки даних для формування та аналізу баєсової мережі базується на синтаксичному аналізі програмного коду.

Користувач-адміністратор обирає режим роботи системи з двох наявних: більшість та баєсова мережа. Послідовність подальших кроків різниться для двох режимів роботи, тому їх доцільно розглянути окремо.

Послідовність дій під час режиму більшості. Для забезпечення режиму більшості використовується загальна кількість користувачів та порогове значення кількості користувачів, що зробили свій вибір на користь певної альтернативи. Тобто, якщо кількість користувачів, що обрали певну альтернативу більше 50% від загальної кількості користувачів системи, то це є достатньою умовою для

прийняття групового рішення на даному етапі.

Даний режим потребує більшого часу для виконання у випадку незабезпечення більшості користувачами, але при цьому дає можливість спостерігати за взаємодією користувачів у групі та можливістю формування комплексного рішення користувачів, враховуючи не лише свої інтереси, а й інтереси групи. Оскільки рішення системою буде прийнято лише у випадку забезпечення більшості, то користувачі змушені будуть повторювати процес вибору альтернатив до того часу, поки більшість не буде сформовано. Даний процес відбувається до того часу, поки усі наявні альтернативи не будуть використані.

Подальші етапи роботи системи збігаються для обох режимів, тому детально розглянемо послідовність дій під час режиму використання баєсової мережі.

При використанні режиму баєсової мережі відбувається аналіз множини файлів з текстами програмних кодів для визначення апріорних ймовірностей появи елементів програмного коду в текстах. За ймовірностями появи елементів програмного коду будується баєсова мережа, у якій вершинами є елементи, а зв'язками – апріорні ймовірності появи елементів програмного коду. За допомогою баєсової мережі визначаються та виводяться на екрани користувачів найбільш ймовірні альтернативи для вибору. Відбувається реєстрація прийнятих рішень користувачами. Прийняті користувачами рішення вводяться у баєсову мережу як свідчення та на їх основі здійснюється перерахунок ймовірностей альтернатив.

Системою приймається рішення про вибір найбільш ймовірної альтернативи на основі переваг користувачів та апріорних ймовірностей альтернатив. Дана властивість системи дозволяє значно зменшити час на прийняття рішень користувачами, оскільки не потребує забезпечення порогового значення більшості для вибору альтернативи, при цьому враховуючи індивідуальні переваги кожного користувача, та здійснюючи навчання користувачів техніці програмування, шляхом виведення найбільш ймовірних елементів програмного коду на кожному етапі. Даний процес продовжується до обрання усіх доступних альтернатив.

Незалежно від режиму роботи, після закінчення наявних альтернатив відбувається аналіз вибору користувачів на кожному етапі прийняття рішень. Після аналізу користувачам виводяться результати їх дій у вигляді кількості правильно та неправильно прийнятих рішень протягом усього часу роботи системи. Дані результати можуть бути використані для оцінки індивідуальної роботи користувача та групової роботи користувачів. Після виведення результатів користувачів відбувається від'єднання «клієнтів» та «сервера», система закінчує роботу.

Основу програмної реалізації інформаційної технології у системі підтримки прийняття групових рішень складають дванадцять основних програмних об'єктів.

У розділі також наведено розроблені загальні принципи роботи та

компоненти розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень та наведено алгоритм та схеми алгоритмів роботи такої системи з реалізацією різних режимів.

Здійснено розробку інтерфейсних елементів режимів роботи інтерактивної системи групового вибору та визначено основні модулі для взаємодії користувачів.

Розроблена реалізація засобів подання інформативних даних забезпечує можливість детального аналізу характеристик об'єкту дослідження. Сформульовано розроблені модулі інформаційної технології та їх взаємозв'язок для взаємодії користувачів у розподіленій системі підтримки прийняття групових рішень. Детально описано розроблені програмні об'єкти забезпечення функціонування системи.

У **четвертому розділі** дисертаційного дослідження наведено розроблену програмну реалізацію методів підтримки прийняття групових рішень. Розроблено та програмно реалізовано інтерфейсні елементи локальної та розподіленої систем підтримки прийняття групових рішень та описано послідовність дій при роботі з системою.

Розроблене програмне забезпечення розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень дозволяє з'єднувати територіально розподілених користувачів за допомогою використання архітектури "клієнт-сервер" та забезпечує підтримку обміну даними між користувачами системи за допомогою технології Windows Communication Foundation.

Для початку роботи сервера необхідно запустити на виконання файл WcfMultiPointService.exe. Для цього користувач повинен мати права адміністратора на комп'ютері, на якому здійснюється запуск сервера.

У випадку конфлікту з антивірусною програмою, також, можливо необхідно буде відключити антивірусну програму на час роботи системи. Сервер готовий до роботи. Інтерфейс сервера розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень подано на рис. 4.

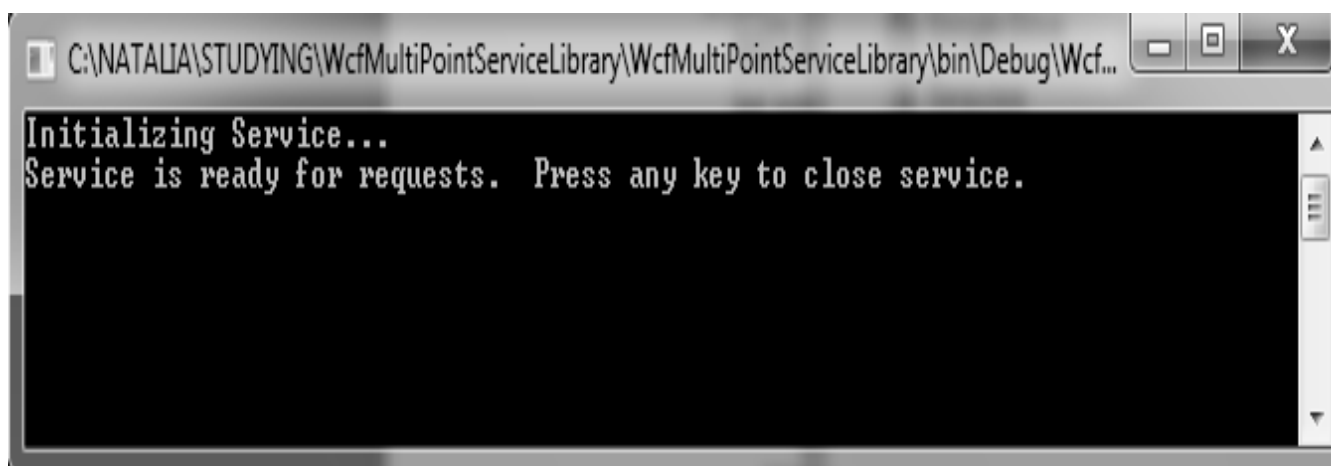


Рисунок 4 – Інтерфейс сервера системи підтримки прийняття групових рішень

Для початку роботи з розподіленою системою підтримки прийняття групових рішень, користувачеві, після підтвердження роботи серверу, необхідно запуснути на виконання файл клієнта системи під назвою: MultiPointClient.exe. Як і у випадку запуску серверу для цього теж необхідно мати права користувача-адміністратора на даному комп'ютері. Якщо сервер не заведений, у користувача не буде змоги підключитися до системи та прийняти участь у виборі альтернатив. Детальний інтерфейс головного вікна прийняття рішень користувачами подано на рис. 5.

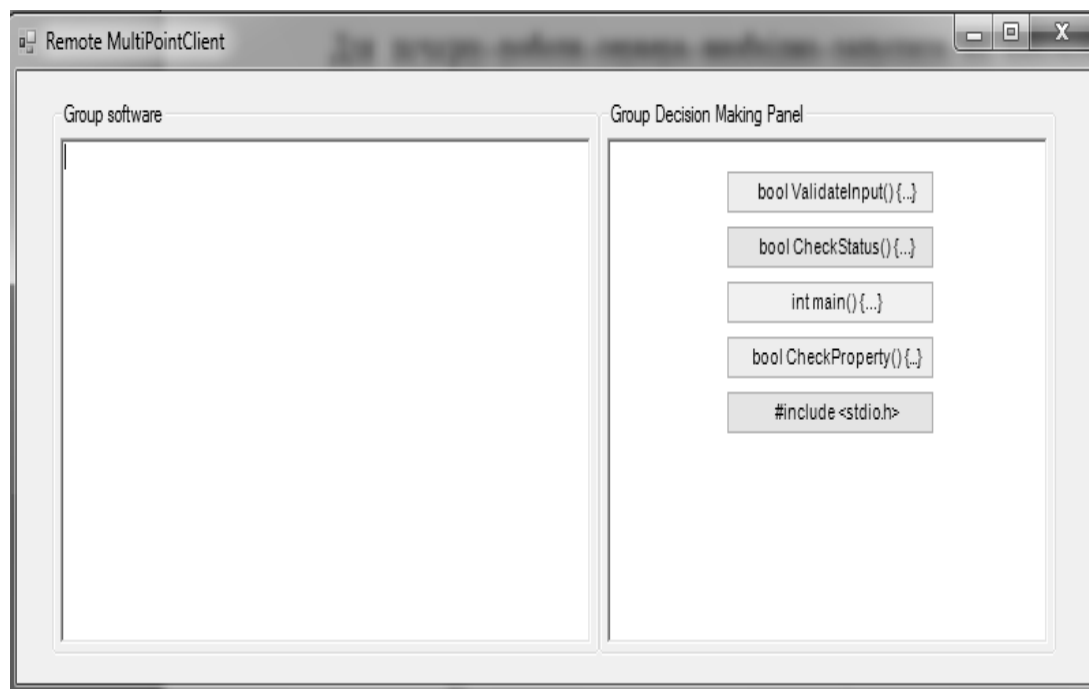


Рисунок 5 – Інтерфейс головного вікна прийняття рішень користувачами

Кожен підключений користувач визначається системою як унікальний та його курсору присвоюється ідентифікаційний номер, за яким користувач у подальшому і буде ідентифікуватися системою для фіксування та оцінки результатів вибору альтернатив.

Номера користувачам присвоюються у порядку зростання: від 1 до  $N$ . Якщо користувач від'єднався від системи під час проведення сеансу прийняття рішень, то його порядковий номер може бути присвоєний наступному користувачеві, що під'єднається до розподіленої системи. Обрані користувачами альтернативи фіксують та позначаються прапорцем із зазначенням ідентифікаційного номера користувача, який зробив вибір.

У випадку методу більшості для вибору визначеної альтернативи, необхідно, щоб більше половини прапорців сконцентровані на цій альтернативі, принцип з використанням баєсової мережі не потребує такої концентрації прапорців, оскільки рішення буде прийнято, навіть, якщо жоден із користувачів не зробив свій вибір. Приклад обрання користувачами альтернатив подано на рис. 6.

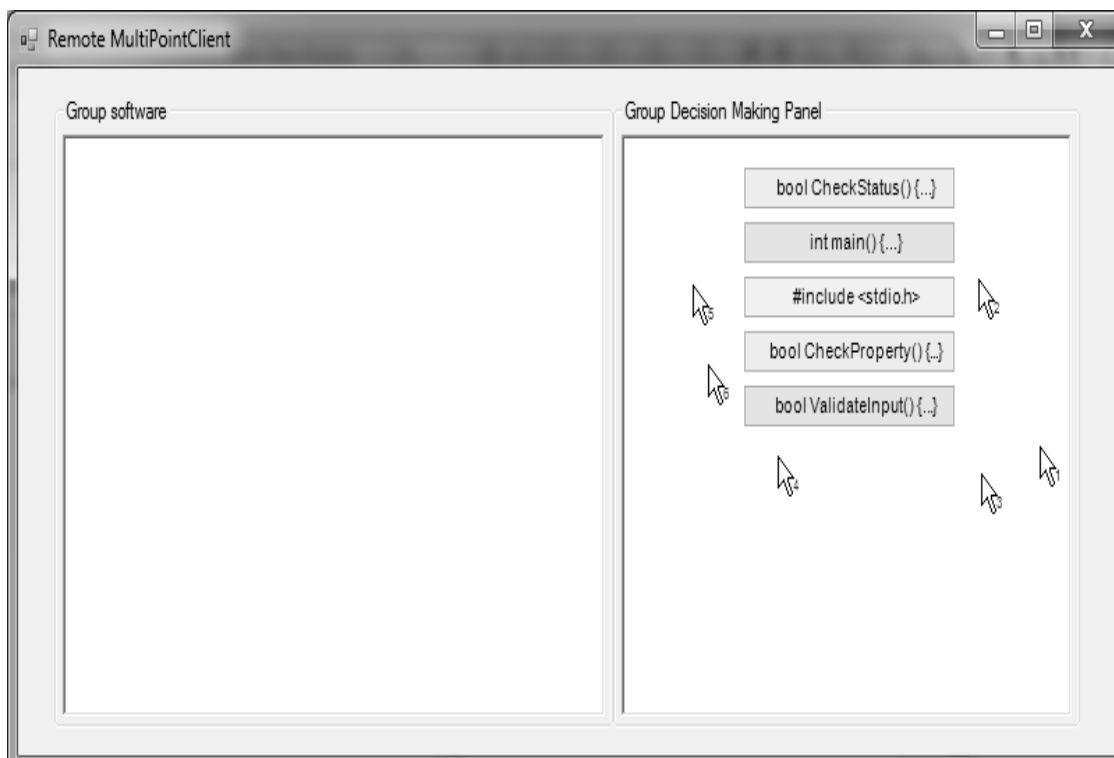


Рисунок 6 – Ідентифікація користувачів за пристроями вводу

Головне вікно розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень складається з двох основних частин, які візуально розділяють головне вікно навпіл: Group software та Group decision making panel.

Group decision making panel – частина основного інтерфейсу системи, що відображає підмножину можливих альтернатив на даний момент часу. У випадку обрання прийняття рішень за методом більшості, панель відображає альтернативи, сформовані синтаксичним аналізатором програмного коду. У випадку обрання прийняття рішень за допомогою баєсової мережі, панель відображає альтернативи, апріорні ймовірності появи яких у програмному коді найбільші.

Після обрання альтернатив з панелі Group decision making panel обрані користувачами альтернативи з'являються у лівій частині головного вікна панелі Group software. Саме у цій панелі і відбувається побудова програмного коду користувачами. Усі обрані рішення формують послідовність у якій елементи з'являються у коді.

Розроблена система не тільки дозволяє користувачам на практиці застосовувати здобуті навички програмування та формування програмного коду з наявних логічних блоків, але й перевіряти при цьому рівень знань кожного користувача та групи користувачів в цілому, що суттєво відрізняє розроблену розподілену систему від існуючих на даний час.

Експериментальне дослідження розробленої розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень дозволило підтвердити ефективність системи під час з'єднання для спільної роботи користувачів-студентів, що



знаходилися у різних учбових аудиторіях університету. Затримка у часі під час вибору альтернатив була мінімальною і не відволікала від загального процесу прийняття рішень користувачами-студентами. Під час дослідження розробленої системи, вдалося також встановити, що час прийняття рішень системою на кожному етапі вибору альтернатив при використанні баєсової мережі з 15-20 вершинами, у загальному випадку, є на 15% меншим, ніж при використанні режиму за принципом більшості (рис. 7).

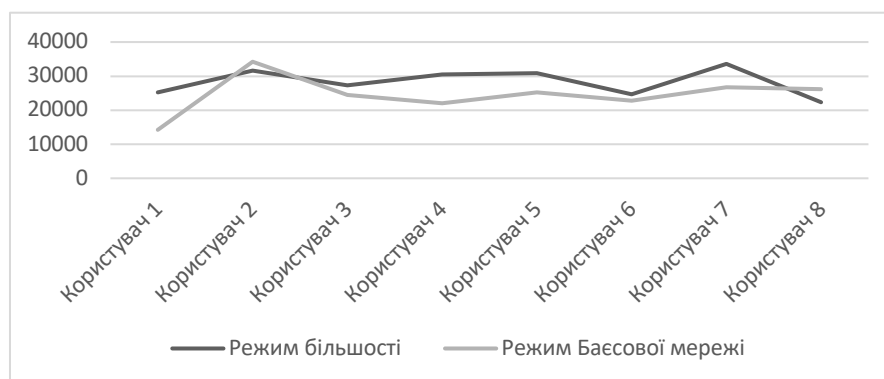


Рисунок 7 – Порівняльний графік часу прийняття рішень системою використанні режиму за принципом більшості та з використанням баєсової мережі

Аналіз результатів використання інформаційної технології та її програмної реалізації у розподіленій системі підтримки прийняття групових рішень та їх експериментальне дослідження показали підвищення ефективності такої системи, за рахунок мінімізації кількості конфліктних ситуацій, що виникають у процесі прийняття рішень групою осіб, зменшення у середньому на 15% часу на прийняття рішень системою, можливості врахування переваг кожного користувача та одночасного навчання та оцінювання знань користувачів.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сучасних систем підтримки прийняття групових рішень та огляд методів прийняття рішень, що використовуються у таких системах. Розглянуто основні принципи групового вибору у системах підтримки прийняття рішень. Детально проаналізовано методи обчислення баєсових мереж. Окремо виділені точні та наближені методи, зазначені особливості їх використання, переваги та недоліки.

Проведено детальний аналіз методів кластеризації для обчислення баєсових мереж та наведені переваги їх використання для підтримки групового вибору у розподілених системах підтримки прийняття групових рішень. Результати аналізу дають змогу оцінити застосування баєсівського підходу для систем навчально-тестових систем підтримки прийняття групових рішень та перспективи розвитку методів обчислення баєсових мереж для підвищення ефективності роботи таких

систем.

На підставі проведеного аналізу встановлено, що одним з найбільш ефективних інструментів, що використовуються для систем підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності є методи, що базуються на баєсових мережах. У зв'язку з цим баєсові мережі взяті за основу для розробки інформаційної моделі, методу та технології системи підтримки прийняття групових рішень.

2. Проведена ідентифікація та формалізація параметрів розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень. Розроблено комплексну інформаційну модель системи, яка враховує взаємозв'язок між параметрами системи та визначає їх взаємовплив. Визначено загальні принципи побудови баєсових мереж та перерахунку ймовірностей у баєсових мережах. Визначено основні принципи підтримки спільної роботи користувачів, що територіально розподілені. Дослідження систем підтримки прийняття групових рішень з використанням розподілених технологій, що дозволяють з'єднувати користувачів у єдину мережу для виконання спільних дій, допомагає виявити особливості реалізації та функціонування таких систем, а також шляхи вирішення проблемних питань для отримання ефективних рішень.

3. Розроблено інформаційну технологію підтримки прийняття групових рішень. Визначено загальний метод та алгоритм роботи розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень. Визначено основні модулі підтримки взаємодії користувачів системи підтримки прийняття групових рішень.

Детально розглянуто режими роботи розподіленої системи, зокрема розглянуто метод більшості та формування альтернатив за допомогою баєсової мережі. Сформульовано основні програмні об'єкти забезпечення функціонування системи підтримки прийняття групових рішень.

4. Програмно реалізовано методи підтримки прийняття групових рішень. Зокрема, реалізовано метод медіани Кемені для інтегрального оцінювання дій користувачів під час групового вибору. Розроблено та програмно реалізовано інтерфейсні елементи локальної та розподіленої систем підтримки прийняття групових рішень.

Розроблене програмне забезпечення розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень дозволяє з'єднувати територіально розподілених користувачів за допомогою використання архітектури «клієнт-сервер», що забезпечує об'єднання користувачів у систему. Використана інформаційна технологія Windows Communication Foundation в свою чергу забезпечує підтримку обміну даними між користувачами системи. Проведено експериментальні дослідження розроблених технологій на базі локальної та розподіленої систем підтримки прийняття групових рішень. Проведено тестову перевірку ефективності розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень та доведено, що час прийняття рішень системою на кожному етапі вибору альтернатив при використанні баєсової мережі у загальному випадку, є на 15% меншим, ніж при використанні режиму за принципом більшості, що сприятиме широкому використанню таких систем.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- [1] Н. Кузьміна, та А. Петух, “Огляд методів обчислення Байєсових мереж”, *Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки*, №1, с. 112-117, 2012.
- [2] Р. Кветний, та Н. Кузьміна, “Розподілена система підтримки прийняття групових рішень”, *Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія*, №1, с. 4-14, 2020.
- [3] N. Kuzmina, “The informational model of Bayesian networks clustering methods in group decision making support systems”, *Norwegian journal of development of the international science*, Vol. 1, №39, p. 22-25, 2020.
- [4] Н. Кузьміна, “Аналіз основних характеристик розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень”, *Сборник научных трудов SWorld*, т. 6, с. 84–87, 2013.
- [5] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, та Н. Кузьміна, “Автоматизована система підтримки групових рішень”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. №1, с. 76–79, 2009.
- [6] А. Петух, В. Войтко, Д. Кательніков, та Н. Кополовець, “Інтерфейсні елементи системи колективного тестуючого навчання”, *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, №1, с. 98–106, 2007.
- [7] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, Н. Кополовець, та С. Бевз, “Моделі режимів групового вибору користувачів в інтерактивній системі колективної взаємодії”, *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, №1(13), с. 80–86, 2007.
- [8] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, та Н. Кузьміна, “Принципи реалізації групового вибору в інтерактивних системах колективної взаємодії”, *Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління*, №1(19), с. 160–166, 2008.
- [9] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, та Н. Кузьміна, “Модель процесу підтримки прийняття рішень з використанням Байєсових мереж”, *Наукові праці ВНТУ*, №3, с. 1-7, 2009.
- [10] Н. Кузьміна, “Коригування ймовірностей Байєсової мережі методами зв’язного дерева”, *Матеріали науково-технічної конференції Інформатика, математика, автоматика – 2020*, Суми, 2020, с. 56-57.
- [11] Н. Кузьміна, “Алгоритмічна реалізація розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень”, *Збірник матеріалів XLIX науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету*, Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2020/paper/view/8693>. Дата звернення: Квіт. 30, 2020.
- [12] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, та Н. Кузьміна, “Модель системи підтримки прийняття групових рішень”, *Збірник матеріалів шостої міжнародної конференції ІОН – 2008*, Вінниця, 2008, Том 2, с. 514–517.

[13] А. Петух, Н. Кузьміна, Є. Кузьмін, та В. Войтко, “Методи прийняття рішень і прогнозування подій в інтерактивних системах”, *Збірник матеріалів третьої науково-практичної конференції Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології (МЕТІТ-3)*, Кременчук, 2008, с. 228.

[14] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, Н. Кополовець, та С. Бурбело, “Методи групового вибору в інтерактивних системах колективної взаємодії”, *Збірник матеріалів міжвузівської науково-практичної конференції Прогресивні інформаційні технології в науці та освіті*, Вінниця, 2007, с. 188–195.

[15] С. Юхимчук, С. Бурбело, С. Бевз, Н. Кузьміна, та С. Хрущак, “Комп’ютеризована система управління індивідуальними навчальними планами магістратури”, *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. №2(16), с. 5–8, 2008.

[16] С. Юхимчук, С. Бурбело, С. Бевз, Н. Кузьміна, та С. Хрущак, “Формування індивідуальних планів магістрантів засобами автоматизованої системи документообігу”, *Збірник тез доповідей третьої міжнародної науково-технічної конференції ФОТОНІКА ОДС – 2008*, Вінниця, 2008, с. 87–88.

[17] В. Мокін, С. Бурбело, С. Бевз, В. Войтко, та Н. Кузьміна, “Система автоматизованого ведення документообігу рад вищих навчальних закладів”, *Наукові праці ВНТУ*, №3, с. 1–6, 2008.

[18] Н. Ф. Кузьміна, та Є. В. Кузьмін “Розподілена система підтримки прийняття групових рішень”, *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір*. №50446, Лип. 26, 2013.

[19] Є. В. Кузьмін, та Н. Ф. Кузьміна, “Комп’ютерна програма підтримки прийняття групових рішень на основі Байєсової мережі”, *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір*. №25844, Верес. 25, 2008.

[20] Н. Ф. Кузьміна, та Є. В. Кузьмін, “Комп’ютерна програма групового прийняття рішень щодо виконання послідовності дій з використанням принципу медіани Кемені в системах колективної взаємодії”, *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір*. №23007, Груд. 3, 2007.

[21] Р. Кветний, та Н. Ф. Кузьміна, “The main principles of the distributed group decision support system”, *Збірник матеріалів дванадцятої міжнародної конференції ІОН – 2020*, УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ies.vntu.edu.ua/reports/program/PROGRAM-IES-20200525.pdf>. Дата звернення: Трав. 26, 2020.

## АНОТАЦІЯ

**Кузьміна Н.Ф. Інформаційна технологія підтримки прийняття групових рішень у розподілених системах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Вінницький національний

технічний університет, Вінниця, 2020.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності розподілених систем підтримки прийняття групових рішень.

Розроблено інформаційну технологію підтримки прийняття групових рішень, яка дозволяє підвищити швидкість прийняття групових рішень при збереженні їх достовірності, а також одночасно здійснювати тренінг осіб, що приймають рішення.

Розроблено інформаційну модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, яка дозволяє поєднувати усі елементи розподіленої системи та, забезпечує можливість впливу на початкові ймовірності появи альтернатив для прийняття рішень, шляхом введення поточних переваг користувачів.

Запропоновано метод підготовки даних для прийняття групових рішень за допомогою баєсової мережі, який дозволяє формувати альтернативи для вибору користувачів шляхом статистичного аналізу навчальної вибірки, що дає можливість підвищити ефективність прийняття групових рішень за рахунок пропонування найбільш ймовірних початкових альтернатив для вибору користувачами.

Запропоновано динамічну баєсову мережу для формування альтернатив вибору користувачів, яка використовує апріорні ймовірності появи альтернатив та динамічно оновлюється під час кожного етапу прийняття рішень користувачами, що дозволяє пропонувати найбільш ймовірні альтернативи на кожному етапі прийняття рішень користувачами до закінчення усіх альтернатив.

*Ключові слова:* інформаційна технологія, інформаційна модель, розподілені системи, прийняття групових рішень, програмне забезпечення, процес розробки програмного забезпечення, баєсові мережі.

## АННОТАЦІЯ

**Кузьмина Н.Ф. Информационная технология поддержки принятия групповых решений в распределенных системах. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Информационные технологии». – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2020.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности распределенных систем поддержки принятия групповых решений.

Разработана информационная технология поддержки принятия групповых решений, которая позволяет повысить скорость принятия групповых решений при сохранении их достоверности, а также одновременно осуществлять тренинг лиц, принимающих решения. Разработан алгоритм работы информационной технологии на основании принципов коллективного взаимодействия, позволяющий использовать несколько устройств ввода информации на одном

компьютере, для совместного использования несколькими пользователями в случае, если количество имеющихся в наличии компьютеров ограничено.

Разработаны метод и алгоритм поддержки принятия групповых решений в распределенных системах. Разработаны главные модули поддержки взаимодействия пользователей при принятии групповых решений. Детально рассмотрены разработанные режимы работы системы поддержки принятия групповых решений, в особенности режим с использованием метода большинства и режим с использованием байесовской сети. Разработаны и детально рассмотрены главные программные объекты обеспечения поддержки принятия групповых решений в распределенных системах.

Среди преимуществ разработанной информационной технологии можно выделить возможность сочетания существующих статистических, аналитических или исторических данных с опытом пользователей экспертов, которые принимают групповые решения в случае, когда единоличное решение является недостаточным или нецелесообразным. Независимо от выбранной отрасли разработанная информационная технология адаптируется и обеспечивает рассмотрение только наиболее вероятных альтернатив на каждом этапе поддержки принятия решений пользователей.

Разработаны и программно реализованы методы поддержки принятия групповых решений и интерфейсные элементы локальной и распределённой систем поддержки принятия групповых решений обеспечивающие простоту доступа и использования пользователями без специального предварительного обучения. Информация, полученная в результате работы системы, может быть использована и для проведения комплексной оценки каждого пользователя в отдельности и для всех пользователей вместе.

Пользователи разработанной распределенной системы поддержки принятия групповых решений, которые находятся в разных географических местах могут использовать разработанную систему с помощью встроенной архитектуры «клиент-сервер». Используемая информационная технология Windows Communication Foundation обеспечивает поддержку двустороннего обмена данными между пользователями системы.

Проведены экспериментальные исследования и тестовая проверка разработанной информационной технологии для локальной и распределенной систем поддержки принятия групповых решений, которые показали, что время принятия групповых решений системой на каждом этапе выбора альтернатив при использовании байесовской сети, в общем случае, являлась на 15% меньше, чем при использовании режима работы по принципу большинства.

На основании произведенной идентификации и формализации параметров, разработана информационная модель распределенной системы поддержки принятия групповых решений, которая позволяет сочетать все элементы распределенной системы и обеспечивает возможность влияния на начальные вероятности появления альтернатив для принятия решений путем введения текущих предпочтений пользователей.

Предложен метод подготовки данных для формирования и анализа байесовской сети, который использует синтаксический анализатор программного кода и статистический анализ начальной выборки, позволяя формировать альтернативы для выбора пользователей путем предложения пользователям наиболее вероятных начальных альтернатив.

На основании проведенного анализа методов кластеризации для вычисления байесовских сетей проведена оценка использования байесовского подхода для учебно-тестовых систем поддержки принятия групповых решений и перспективы развития методов вычисления байесовских сетей для повышения эффективности их работы. Определены общие принципы построения и пересчета вероятностей байесовских сетей. Определены главные принципы поддержки групповой работы пользователей, принимающих совместные решения, но находящихся в разных географических местах.

Предложено динамическую байесовскую сеть для формирования альтернатив выбора пользователей, которая использует априорные вероятности появления альтернатив и динамично обновляется во время каждого этапа принятия решений пользователями, что позволяет предлагать наиболее вероятные альтернативы на каждом этапе принятия решений пользователями до окончания всех альтернатив.

*Ключевые слова:* информационная технология, информационная модель, распределенные системы, принятие групповых решений, программное обеспечение, процесс разработки программного обеспечения, байесовские сети.

## ABSTRACT

*Kuzmina N. F.* Information technology of group decision making support in distributed system. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for the getting of degree of Ph.D. in specialty 05.13.06 «Information technology». – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2020.

The thesis is dedicated to the study of increasing the effectiveness of group decision support in distributed systems.

Information technology to support group decision-making has been developed, which allows to increase the speed of group decision making while maintaining their reliability, as well as to train the decision makers at the same time.

An information model of a distributed group decision support system has been developed, which allows to combine all elements of a distributed system and provides an opportunity to influence the initial probabilities of alternative decision-making by introducing current user preferences.

A method for preparing data for group decision-making using a Bayesian network is proposed, which allows to form alternatives for user selection by statistical analysis of the training sample, which allows to increase the efficiency of group decision-making by offering the most likely initial alternatives for user selection.

A dynamic Bayesian network for the formation of user choice alternatives is

proposed, which uses a priori probabilities of alternatives and is dynamically updated during each stage of user decision-making, which allows to offer the most probable alternatives at each stage of user decision-making until all alternatives are completed.

*Keywords:* information technology, information model, distributed systems, group decision making, software, software development, Bayesian networks.

Підписано до друку 13.08.2020 р.

Формат 60×90/16. Папір офсетний.

Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.

Наклад 130 прим. Зам. № 306.

Віддруковано з оригіналу макету замовника.

Центр оперативного друку «Документ Принт».

ФОП Кушнір Ю.В.

м. Вінниця, вул. Академіка Янгеля, 4, 1-й поверх, оф. 114

Тел. 067 390 20 88. Сайт docuprint.co.ua