

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.4 + 004.9

Р. Н. Кветний, Н. Ф. Кузьміна

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ  
ГРУПОВИХ РІШЕНЬ

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Анотація.** Процес прийняття рішень є невід'ємною частиною сучасного суспільства. Дослідження показують що за останні десятиріччя використання груп в організаціях різко зросла і кожна організація функціонує на основі рішень прийнятих групами осіб всередині організації. Майже кожен аспект суспільного, політичного, законодавчого та економічного життя функціонує за рахунок прийняття рішень групами осіб. Теорія систем розглядає прийняття групових рішень як взаємозалежні сили здатні бути проаналізованими з точки зору інших сил. Поведінка індивідів у групах зумовлена багатьма причинами а системний методі підкреслює множинні причинно-наслідкові зв'язки та складний взаємозв'язок сил. Ефективне прийняття рішень розглядається як природний наслідок здатності осіб що приймають рішення аналізувати та розуміти процес прийняття групових рішень, але ніхто не може набути такої здатності без активної участі у процесі прийняття групових рішень.

Групове рішення, у загальному випадку являється вибором членів групи з числа доступних їм альтернатив. Дуже рідко група осіб приймає рішення ізольовано від решти групи. На сьогоднішній день не існує простих засобів та систем, що забезпечать прийняття найкращих рішень, що породжує необхідність досліджень у даній галузі.

Системи підтримки прийняття групових рішень – це інтерактивні комп'ютеризовані системи, які допомагають групі користувачів, що приймають рішення, використовувати дані та моделі для ідентифікації та розв'язання задач.

У даній статті як підхід до реалізації розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень та розв'язання конфліктних ситуацій, що породжуються у процесі прийняття рішень пропонується використання аналітичного апарату Бассових мереж. Для цього було розроблено інформаційну технологію розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, запропоновано інформаційну модель та динамічні структури даних та розроблено програмну реалізацію розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень. Експериментальні дослідження розробленої системи показали, що за рахунок використання Бассових мереж можна уникнути конфліктних ситуацій обумовлених використанням принципу більшості та його різноманітних модифікацій.

**Ключові слова:** Розподілена система, підтримка групових рішень, Бассова мережа.

**Анотация.** Процесс принятия решений является неотъемлемой частью современного общества. Исследования показывают, что за последние десятилетия использование групп в организациях резко возросло и каждая организация функционирует на основе решений, принятых группами лиц внутри организации. Почти каждый аспект общественной, политической, законодательной и экономической жизни функционирует за счет принятия решений группами лиц. Теория систем рассматривает принятие групповых решений как взаимосвязанные силы, которые могут быть проанализированы с точки зрения других сил. Поведение индивидов в группах обусловлено многими причинами, а системный метод подчеркивает причинно-следственные связи и сложную взаимосвязь сил. Эффективное принятие решений рассматривается как естественное следствие способности лиц принимающих решения анализировать и понимать процесс принятия групповых решений, но никто не может приобрести эту способность без активного участия в процессе принятия групповых решений.

Групповое решение, в общем случае является выбором членов группы из числа доступных им альтернатив. Очень редко группа индивидов принимает решение изолированно от остальной группы. На сегодняшний день не существует простых средств и систем обеспечивающих принятие лучших решений, что порождает необходимость исследований в данной области.

Системы поддержки принятия групповых решений – это интерактивные компьютеризованные системы, которые помогают группе пользователей, принимающих решения, использовать данные и модели для идентификации и решения задач.

В данной статье как подход к реализации распределенной системы принятия групповых решений и разрешения конфликтных ситуаций, порождаемых в процессе принятия решений, предлагается использование аналитического аппарата Байесовских сетей. Для этого разработана информационная технология распределенной системы поддержки принятия групповых решений, предложена информационная модель и динамические структуры данных и разработана программная реализация распределенной системы поддержки принятия групповых решений.

Экспериментальные исследования разработанной системы показали, что за счет использования Байесовских сетей можно избежать конфликтные ситуации, обусловленные использованием принципа большинства и его различных модификаций.

**Ключевые слова.** Распределенная система, поддержка групповых решений, Байесовская сеть.

**Abstract.** The decision-making process is an integral part of modern society. Research shows that over the last decades, the use of groups within organizations has increased dramatically, and each organization operates based on decisions made by groups of individuals within the organization. Almost every aspect of social, political, legislative and economic life functions through the decision making of groups of individuals. Systems theory views group decision making as interdependent forces capable of being analyzed from the perspective of other forces. The behavior of individuals in groups is due to many reasons, and the systematic method emphasizes multiple cause and effect relationships and the complex interplay of forces. Effective decision-making is seen as a natural consequence of the ability of decision-makers to analyze and understand the group decision-making process, but no one can acquire this ability without actively participating in the group decision-making process.

A group decision, in general, is the choice of group members from among the alternatives available to them. Very rarely does a group of individuals make decision in isolation from the rest of the group.

There are currently no simple tools and systems available to make the best decisions, which raises the need for research in this field.

Group decision support systems are interactive computerized systems that help a group of decision-makers use data and models to identify and solve tasks.

In this article, the use of Bayesian network analytics is proposed as an approach to implement a distributed group decision support system and resolving conflict situations in the decision-making process. For this purpose, the information technology of the distributed group decision support system was developed, the information model and dynamic data structures were proposed, and the software implementation of the group decision support system was developed.

Experimental studies of the developed system have shown that by using Bayesian networks one can avoid conflict situations caused by the use of majority principle and its various modifications.

**Key words:** Distributed system, group decision support, Bayesian network.

**DOI:** <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2020-47-1-4-13>.

### Вступ

Широке використання наукових методів прийняття групових рішень та їх реалізація за допомогою комп'ютерних засобів, обумовлені тим, що процес прийняття рішень групою користувачів потребує збереження та обробки великої кількості інформації. Дана особливість породжує пошук та дослідження різноманітних засобів та методів, що дозволять підвищити ефективність таких систем. Особливого поширення в останні роки набуло використання методу Баєса, що дає можливість отримання реалістичної моделі дійсності та орієнтації в найбільш ймовірному напрямку розвитку подій досліджуваної системи [1].

### Актуальність

До цього часу найбільш поширеними та відомими методами підтримки прийняття групових рішень є методи визначення кінцевого рішення за допомогою принципу більшості та їх різноманітні модифікації. Основним недоліком принципу більшості є виникнення великої кількості конфліктних ситуацій та неврахування переваг осіб, що не ввійшли у більшість [2, 3]. У даній статті пропонується новий підхід для зменшення конфліктних ситуацій, врахування переваг кожної особи, що бере участь у процесі прийняття групових рішень та паралельного процесу навчання та оцінювання дій, що особливо важливо під час використання даної системи у навчальному процесі. Для зменшення конфліктних ситуацій пропонується використання аналітичного апарату Баєсових мереж, а саме ймовірнісних висновків, шляхом обчислення апостеріорного розподілення альтернатив вибору рішення через альтернативи-свідоща. Дана властивість дозволяє отримати нове знання про стан підмножини альтернатив спостерігаючи за іншими альтернативами, що в свою чергу є однією з основних причин широкого використання Баєсових мереж у системах підтримки прийняття рішень. Складність реалізації Баєсових мереж для великих систем вирішується за рахунок використання наближених методів обчислення [4].

### Мета

Метою статті є підвищення ефективності систем підтримки прийняття групових рішень шляхом зменшення кількості конфліктних ситуацій за допомогою використання Баєсових мереж.

### Задачі

1. Формалізувати параметри розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень та сформулювати інформаційну модель такої системи.
2. Розробити алгоритмічні та аналітичні засоби розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень.
3. Розробити програмну реалізацію системи підтримки прийняття групових рішень.

### Розв'язання задач

Застосування систем підтримки прийняття групових рішень дозволяє сформулювати множини альтернатив для прийняття рішень та прогнозувати розвиток подій, що в свою чергу дозволяє зменшити негативні наслідки від прийнятих рішень і таким чином підвищити ефективність процесу прийняття рішень [5]. Враховуючи проведений аналіз [6, 7] у системі, що розглядається, основна увага буде приділятися методам прийняття рішень за принципом більшості та за допомогою використання Баєсової мережі. Метою використання принципу більшості у системах підтримки прийняття групових рішень є спостереження за поведінкою групи для досягнення спільної мети, а також перевірка знань користувачів. Метою використання Баєсових мереж у системах підтримки прийняття групових рішень є зменшення або уникнення конфліктних ситуацій, можливість враховувати рішення кожної особи із групи та здійснення навчання. Розподілені системи підтримки прийняття групових рішень забезпечують процес спільного прийняття рішень особами, що територіально розподілені та надають їм можливість взаємодіяти між собою у реальному часі [7]. Процес підтримки прийняття групових рішень містить велику кількість елементів, які необхідно врахувати при розробці комп'ютерних систем, особливо якщо ці системи дозволяють з'єднувати користувачів, що територіально розподілені.

### Інформаційна модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень

Розглянемо розроблену інформаційну модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень  $M_S$  та її основні параметри [8]:  $M_S = \{A_0, C, Z, U, V, A, L, T_G, M, D_G, H, \Psi\}$ , де  $A_0$  – мета роботи розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень для прийняття оптимального рішення у конкретний момент часу;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}, n = \overline{1, N_C}$  – комп'ютери користувачів;

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}, n = \overline{1, N_Z}$  – кількість активних з'єднань;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}, n = \overline{1, N_U}$  – користувачі;

$V = \{v_1, v_2\}$  – методи групового вибору користувачів, де

$v_1$  – принцип більшості,

$v_2$  – Баєсова мережа;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, n = \overline{1, N_a}$  – доступні альтернативи;

$L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}, n = \overline{1, N_l}$  – причинно-наслідкові зв'язки між альтернативами;

$T_G = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_u} t_{uij} + \sum_{k=1}^M t_{sk} + \sum_{k=1}^M t_{dk}$  – загальний час роботи системи у процесі прийняття комплексного рішення, де

$T_u = \{t_{1u}, t_{1u}, \dots, t_{nu}\}, n = \overline{1, N_{tu}}$  – час прийняття рішень користувачами;

$T_s = \{t_{1s}, t_{2s}, \dots, t_{ns}\}, n = \overline{1, M_{ts}}$  – час прийняття рішень системою;

$T_d = \{t_{1d}, t_{2d}, \dots, t_{nd}\}, n = \overline{1, N_d}$  – час затримки відповіді системи на дії користувача;

$M$  – кількість ітерацій прийняття рішень для прийняття кінцевого комплексного рішення;

$D_G = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}, n = \overline{1, N_d}$  – комплексне рішення користувачів.

$H: U \times A \times L \rightarrow D$  – відношення множини альтернатив до множини зв'язків.

Оператор оцінки показника ефективності  $\Psi$  співвідносить множину комплексного рішення користувачів до множини значень коефіцієнта відповідності обраних альтернатив прийнятому рішенню системи [8].

$$\Psi = \left\{ \frac{\sigma = \sqrt{\frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^{N_u} (k_i - \bar{k})^2} \rightarrow \max,}{T_G = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_u} t_{uij} + \sum_{k=1}^M t_{sk} + \sum_{k=1}^M t_{dk} \rightarrow \min} \right\}$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт відповідності обраних альтернатив, що розраховується за допомогою проміжних коефіцієнтів  $k_i$ :

$$k_i = \frac{N_V}{N_A}, n = \overline{0, 1}, \text{ де}$$

$N_V$  – кількість прийнятих рішень, які відповідають найбільш ймовірним альтернативам;

$N_A$  – загальна кількість альтернатив.

Коефіцієнт  $\bar{k}$  є середнім арифметичним значень проміжних коефіцієнтів  $k_i$ :  $\bar{k} = \frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^{N_u} k_i$ .

### Розробка алгоритмічних та аналітичних засобів розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень

Баєсова мережа забезпечує природній візуальний спосіб представлення ймовірнісних незалежностей та складається з двох компонентів: направленого ациклічного графу та ймовірнісного опису, який визначає розподіл ймовірностей кожної вершини та підпорядковується умові Маркова [3, 6, 9-11]. Умова Маркова базується на тому, що залежно від батьків, будь-яка вершина є ймовірнісно-незалежною від усіх інших вершин, окрім її нащадків [9, 12]. Для оновлення ймовірностей у Баєсових мережах використовується алгоритм зв'язного дерева. Даний алгоритм працює зі зв'язним деревом, що являє собою дерево із групою вершин. Групи вершин зберігають таблицю з конфігураціями їх вершин, а алгоритм зв'язного дерева полягає у проведенні серії операцій над цими таблицями [10]. Алгоритм зв'язного дерева використовується для створення систем підтримки прийняття групових рішень на основі моделей проблемної області та полягає у виконанні наступних кроків: трансформації, ініціалізації та оновлення ймовірностей. Алгоритм зв'язного дерева орієнтований на побудову моделей на основі теорії Баєсових мереж [13]. Для випадку використання у розробленій системі підтримки прийняття рішень даний алгоритм був модифікований. Реалізація розробленої розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень базується на технології "Client-Server" та використовує .NET Framework для обміну даними між користувачами [14]. Дана система розроблена для забезпечення спільної роботи користувачів над побудовою програмного коду у правильній послідовності. На виконання кожної послідовності дій користувачам відводиться певний час, по закінченню якого результати прийнятих рішень фіксуються та відбувається аналіз дій кожного користувача. Система забезпечує функціонування двох режимів: за принципом більшості та з використанням Баєсової мережі, що дозволяє порівняти ефективність прийнятих рішень та кількість конфліктних ситуацій [8, 14]. Для подальшої реалізації та дослідження розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень було розроблено алгоритми роботи такої системи. Детальну схему алгоритму роботи розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень наведено у [15].

Основа системи підтримки прийняття групових рішень складають десять основних програмних об'єктів [16, 17]. Узагальнену модель програмних модулів системи підтримки прийняття групових рішень та їх опис подано на рис. 1 та у табл. 1.

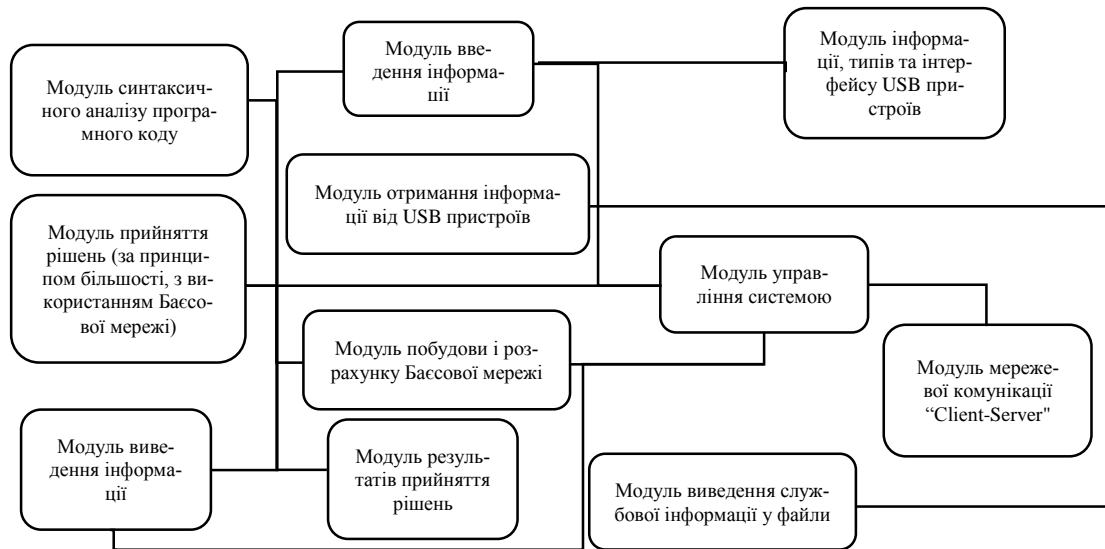


Рисунок 1 – Узагальнена модель програмних модулів розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень

Основними програмними модулями є: модуль виведення інформації, модуль введення інформації, модуль прийняття рішень (за принципом більшості, з використанням Байєсової мережі), модуль результатів прийняття рішень, модуль управління системою, модуль отримання інформації від USB-пристроїв, модуль побудови і розрахунку Байєсової мережі, модуль синтаксичного аналізу програмного коду та модуль виведення службової інформації у файли. Обробка отриманих від пристроїв USB даних проводиться для знаходження комплексного рішення системи за отриманими від синтаксичного аналізатора і користувачів даними. Розглянемо детальніше основні програмні модулі, що забезпечують функціонування розробленої розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень. Програмний модуль виведення інформації використовується для модифікації графічної інформації та виведення її на монітори користувачів. Під графічною інформацією розуміємо наповнення блоків прийняття рішень.

Табл. 1 – Опис програмних модулів розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень

Програмний модуль	Параметри модуля	Опис
Виведення інформації	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	UpdateDecisionPanel	Оновлення зображення панелі прийняття рішень та коригування графічної інформації з урахуванням отриманих системою даних
	UpdateResultPanel	Оновлення панелі виведення результатів процесу прийняття рішень
Введення інформації	SetCoords	Встановлення координат зони відображення інформації
	m_listDevs	Список пристроїв, які підключені до системи та допоміжної інформації
	m_refOutput	Посилання на модуль виведення даних
	m_refDecisionPanel	Посилання на модуль прийняття рішень
Прийняття рішень (за принципом більшості, з використанням Байєсової мережі)	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	ReadCallback	Викликається кожен раз, коли з'являються нові дані від пристроїв введення інформації
	m_refOutput	Відображення результатів прийнятих рішень
	m_refDecisionPanel	Посилання на модуль прийняття рішень
Інформації, типів та інтерфейсу USB пристроїв	m_refBayesNet	Посилання на модуль побудови і розрахунку Байєсової мережі
	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	SetSelection	Встановлення поточної обраної альтернативи
	GetSelection	Визначення поточної обраної альтернативи
	Usbd_mouse	Тип пристрою: USB миша
	Usbd_keyboard	Тип пристрою: Клавіатура
	Usbd_both	Обидва типи пристроїв (USB миша та клавіатура)
Type	Інформація про вид пристрою	
Device	Тип пристрою USB миша або клавіатура	
Buttons	Інформація про стан клавіш	
LastX	Останнє зміщення курсору по горизонталі (в пікселях)	
LastY	Останнє зміщення курсору по вертикалі (в пікселях)	
VirtKey	Інформація про код віртуальної клавіші (тільки для клавіатури)	

	EnumDevices	Визначення наявних пристроїв введення інформації, що підключені до системи
	InitDevices	Визначення видів пристроїв та підготовка їх до початку роботи
	StopDevices	Завершення роботи усіх задіяних пристроїв та звільнення ресурсів системи
Результатів прийняття рішень	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	m_refOutput	Посилання на модуль виведення інформації
	SetObject	Встановлення об'єкта
	SaveResult	Збереження файлів з результатами рішень
Управління системою	m_refDecisionPanel	Посилання на модуль панелі прийняття рішень
	m_refBayesNet	Посилання на модуль побудови і розрахунку Бассової мережі
	m_refOutput	Посилання на модуль виведення інформації
	m_refInput	Посилання на об'єкт введення інформації
	Initialize	Підготовка модуля до роботи
Отримання інформації від USB пристроїв	m_listSTDDevices	Список пристроїв введення інформації
	m_lpReadCallback	Показчик на функцію оберненого виклику
	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	Enumerate	Визначення кількості наявних USB мишей та клавіатур.
	StartDevices	Запуск пристроїв введення та реалізації їх взаємодії
	RegisterDevices	Реєстрація певного виду пристроїв для подальшої роботи
	InitMsgWindow	Ініціалізація прихованого вікна повідомлень для отримання повідомлень від пристроїв введення
	MessageThreadProc	Реалізація потоку повідомлень призначеного для отримання інформації від пристроїв введення незалежно від головного потоку, що викликається
	WndProc	Реалізація обробки отриманих повідомлень прихованим вікном обробки повідомлень
Побудови і розрахунку Бассової мережі	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	Evaluate	Розрахунок мережі і визначення ймовірності появи альтернативи у будь-якому вершині
	GetChoices	Визначення найбільш ймовірних альтернатив
	Learn	Навчання мережі з використанням оперативних даних файлів, які містять програмний код
Виведення службової інформації у файли	m_hFile	Дескриптор файлу, в який виводиться службова інформація
	Open	Відкриття та підготовка певного файлу для виведення службової інформації
	Close	Закриття файлу виведення службової інформації
	WriteDate	Виведення у файл інформації, яка починається з поточної дати
	WriteTime	Виведення у файл інформації, яка починається з поточного часу
	Format	Форматування службової інформації, використовуючи текстовий рядок форматування
Синтаксичного аналізу програмного коду	m_refBayesNet	Посилання на об'єкт побудови і розрахунку Бассової мережі
	Initialize	Підготовка модуля до роботи
	Open	Відкриття файлу для аналізу
	Close	Закриття файлу
	Learn	Навчання мережі в результаті синтаксичного аналізу файлу
	FindProbabilities	Розрахунок ймовірностей появи елементів програмного коду

Програмний модуль введення інформації призначений для отримання інформації від пристроїв введення, таких як миша і клавіатура. Даний модуль здійснює постійну обробку даних, та дозволяє підключати і обслуговувати нові пристрої у реальному часі. Програмний модуль прийняття рішень призначений для управління процесом прийняття рішень у системі. Модуль прийняття рішень може працювати в одному з двох режимів роботи: за принципом більшості та з використанням Бассової мережі. У режимі роботи за принципом більшості модуль не взаємодіє з модулем побудови і розрахунку Бассової мережі та приймає рішення самостійно. Програмний модуль результатів прийнятих рішень дозволяє подати результати у зручному для користувачів вигляді. Модуль управління системою запускає систему, готує її до роботи та запускає функції ініціалізації інших модулів у визначені моменти часу. Модуль інформації, типів та інтерфейсу USB пристроїв містить множину типів пристроїв, з якими може взаємодіяти система підтримки прийняття рішень, допоміжну інформацію про кожен пристрій та інтерфейс для взаємодії з модулем отримання інформації від USB-пристроїв. Програмний модуль отримання інформації від USB пристроїв використовується для визначення кількості наявних USB пристроїв (мишей та клавіатур), їх реєстрації та обробки отриманої від USB пристроїв інформації. Модуль побудови і розрахунку Бассової мережі дозволяє будувати Бассову мережу необхідної конфігурації та обчислювати її параметри. Модуль синтаксичного аналізу програмного коду виділяє основні структурні блоки тестової програми, формує з них альтернативи для прийняття рішень та визначає ймовірність використання елементів програми з метою навчання Бассової мережі. Програмний модуль мережевої

комунікації "Client-Server" взаємодіє з модулем управління системою та забезпечує зв'язок комп'ютера адміністратора системи з комп'ютерами користувачів. Модуль виведення службової інформації у файли реєструє усі події, які відбуваються під час роботи системи. Усі програмні модулі системи підтримки прийняття групових рішень реалізовано за допомогою мови програмування C#.

Для реалізації програмних модулів системи підтримки прийняття групових рішень було розроблено ряд інтерфейсних елементів, що забезпечують простоту використання системи користувачами що територіально розподілені [18]. Головні інтерфейсні елементи системи представлено на рис. 2.

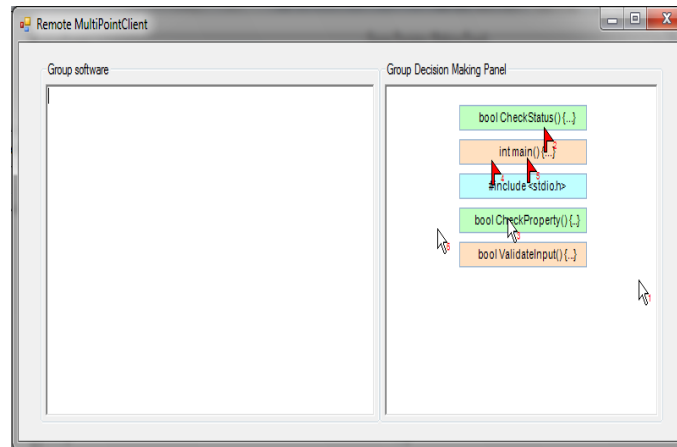


Рисунок 2 – Головні інтерфейсні елементи системи підтримки прийняття групових рішень

Розроблена розподілена система підтримки прийняття групових рішень візуально складається з двох основних частин: панелі групового програмного забезпечення та панелі групового прийняття рішень.

Панель групового прийняття рішень відображає наявні альтернативи на кожному етапі прийняття рішень. Алгоритм відображення інформації різниться в залежності від обраного режиму прийняття рішень: при використанні режиму за принципом більшості панель групового прийняття рішень відображає альтернативи, що базуються на синтаксичному аналізі програмного тестового коду, при використанні режиму з використанням Бассової мережі панель групового прийняття рішень відображає альтернативи, ймовірності появи яких найбільші. Панель групового програмного забезпечення відображає обрані користувачами альтернативи та дозволяє будувати тестовий програмний код у правильній послідовності.

Розподілена система підтримки прийняття групових рішень являє собою програмний комплекс, що базується на розробленій інформаційній технології та моделях та включає систему прийняття групових рішень за принципом більшості та прийняття групових рішень з використанням Бассової мережі [19]. Розроблена розподілена система забезпечує технічну та інформаційну підтримку користувачів під час прийняття рішень, при цьому враховує рівень знань користувачів у галузі, що розглядається. Система адаптована до навчання та тестування студентів які вивчають дисципліни пов'язані з розробкою та аналізом якості програмного коду.

Для перевірки працездатності розподіленої системи та її ефективності було проведено серію дослідів [7]. На рис. 3 подано графік часу прийняття рішень кожним користувачем системи при використанні режиму за принципом більшості (у мілісекундах).

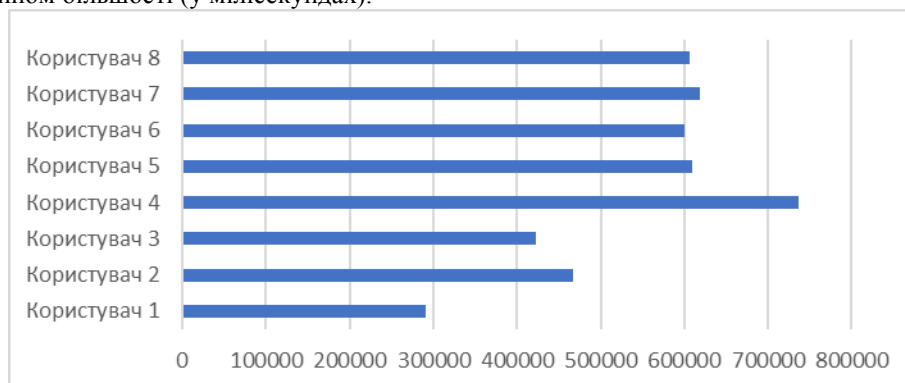


Рисунок 3 – Загальний час прийняття рішень кожним користувачем при використанні режиму за принципом більшості

Узагальнимо результати даних по часу прийняття рішень системою для кожного користувача при використанні режиму за принципом більшості (у мілісекундах) (рис.4):

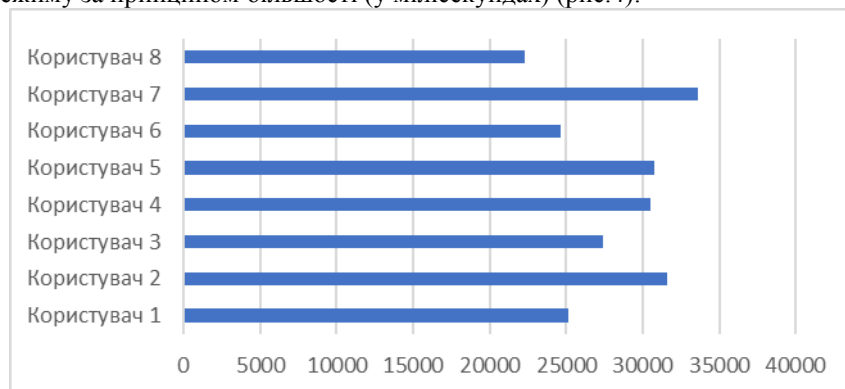


Рисунок 4 – Час прийняття рішень системою для кожного користувача при використанні режиму за принципом більшості

Загальний час прийняття рішень кожним користувачем при використанні режиму Бассових мереж (у мілісекундах) подано на рис. 5:

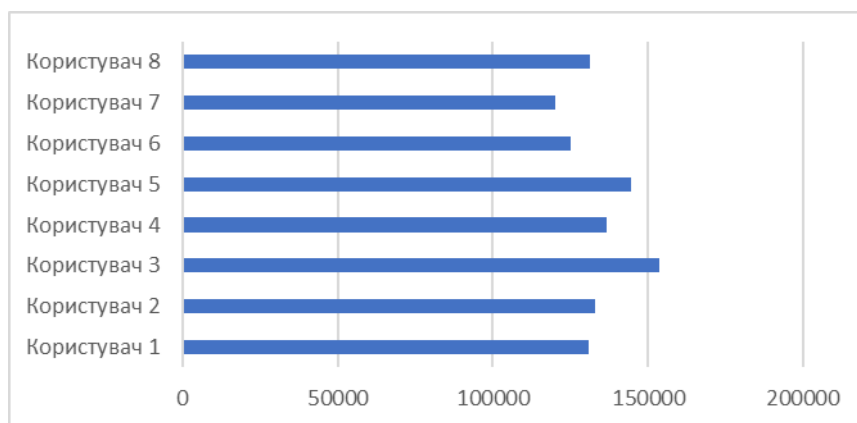


Рисунок 5 – Загальний час прийняття рішень кожним користувачем при використанні режиму Бассових мереж

Визначимо загальний час прийняття рішень системою на кожному етапі вибору альтернатив при використанні Бассових мереж (у мілісекундах) (рис. 6):

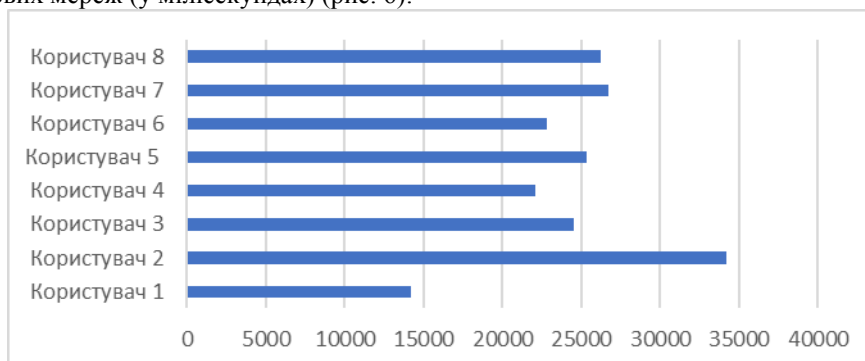


Рисунок 6 – Загальний час прийняття рішень системою на кожному етапі вибору альтернатив при використанні режиму Бассових мереж

Проведення експериментальних досліджень дозволило сформувати графік залежностей (рис. 7-8) кількості конфліктних ситуацій від часу виконання завдань.



Рисунок 7 – Графік залежності кількості конфліктних ситуацій від часу виконання завдання при використанні принципу більшості



Рисунок 8 – Графік залежності кількості конфліктних ситуацій від часу виконання завдання при використанні Байєсової мережі

Експериментальне дослідження розробленої розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень дозволило підтвердити ефективність системи під час з'єднання групи користувачів, що територіально розподілені. У результаті проведених тестових досліджень також було виявлено, що використання Байєсових мереж для підтримки групового вибору у розподіленій системі підтримки прийняття групових рішень дозволяє значно підвищити ефективність прийняття рішень, за рахунок значного зменшення кількості конфліктних ситуацій.

### Висновки

У статті запропоновано інформаційну технологію розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, яка на відміну від існуючих технологій реалізує два режими роботи користувачів: за принципом більшості та з використанням Байєсової мережі, що дозволяє, одночасно враховувати рішення багатьох користувачів, формувати на їх основі єдине рішення групи користувачів, та разом з процесом формування комплексного рішення проводити тестування, навчання та закріплення знань користувачів. Запропоновано також інформаційну модель розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень, яка дозволяє органічно поєднувати усі елементи розподіленої системи та визначає їх взаємодію між собою. Основними характеристиками інформаційної моделі є можливість взаємодії знань користувачів, шляхом введення нових свідочств у мережу для прийняття рішень та знань мережі, що формуються під час синтаксичного аналізу елементів програмного коду і визначення ймовірності їх появи у тексті програмного коду. Запропоновано динамічні структури даних для формування альтернатив, які на відміну від існуючих дозволяють враховувати апріорну ймовірність обрання кожної конкретної альтернативи та динамічно оновлюються під час кожного етапу прийняття рішень користувачами. Розроблену систему пропонується використовувати для навчання та оцінювання знань студентів комп'ютерних наук.

### Список літератури

- [1] Петух А. М. Методи прийняття рішень і прогнозування подій в інтерактивних системах / А. М. Петух, Н. Ф. Кузьміна, С. В. Кузьмін, В. В. Войтко // Збірник матеріалів третьої науково-практичної конференції «Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології (МЕТІТ-3)» / Кременчук. – 2008. – С. 228.
- [2] Турунтаев Л. П. Теория принятия решений: Учебное пособие / Турунтаев Л. П.; Томский межвузовский центр дистанционного образования. — Томск: 2007. — 197 с.
- [3] Петух А. М. Методи групового вибору в інтерактивних системах колективної взаємодії / А. М. Петух, В. В. Войтко, С. В. Кузьмін, Н. Ф. Кополовець, С. М. Бурбело // Збірник матеріалів міжвузівської науково-практичної конференції «Прогресивні інформаційні технології в науці та освіті» / Вінниця. – 2007. – С. 188–195.
- [4] Кузьміна Н. Ф. Огляд методів обчислення Байєсових мереж / Н. Ф. Кузьміна, А. М. Петух // Вісник Сумського державного університету. Сер.: Технічні науки. – 2012. – №1. – С. 112–117.

- [5] Turban E. Decision support and expert systems: management support systems / E. Turban. – Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995 – 887 p.
- [6] Петух А. М. Принципи реалізації групового вибору в інтерактивних системах колективної взаємодії / А. М. Петух, В. В. Войтко, Є. В. Кузьмін, Н. Ф. Кузьміна // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2008. – №1 (19). – С. 160–166.
- [7] Кузьміна Н. Ф. Аналіз основних характеристик розподіленої системи підтримки прийняття групових рішень / Н. Ф. Кузьміна // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД. – 2013. – Выпуск 3. – Том 6. – С. 84–87.
- [8] Петух А. М. Автоматизована система підтримки групових рішень / А. М. Петух, В. В. Войтко, Є. В. Кузьмін, Н. Ф. Кузьміна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – №1. – С. 76-79.
- [9] Williamson J. Bayesian Nets and Causality. Philosophical and Computational Foundations / J. Williamson. – Oxford University Press Inc, New York, 2005 – 239 p.
- [10] N. Kuzmina, "The informational model of Bayesian networks clustering methods in group decision making support systems", Norwegian journal of development of the international science, №39, Vol. 1, 2020. – p. 22-25.
- [11] Чорна О.В. Модифікований метод автоматизації прийняття управлінських рішень для створення команди управління проектами / О.В. Чорна, Л.А. Люшенко, Н.А. Рибачок. – УсиМ, №2, 2019. – с. 32-39.
- [12] «Комп'ютерна програма групового прийняття рішень щодо виконання послідовності дій з використанням принципу медіани Кемені в системах колективної взаємодії» / Н. Ф. Кузьміна., Є. В. Кузьмін. – Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №23007 від 3.12.2007 р.
- [13] Тулупьев А. Л. Байесовские сети: Логико-вероятностный подход / А. Л. Тулупьев, С. И. Николенко, А. В. Сироткин – СПб. : Наука, 2006. – 607 с.
- [14] «Комп'ютерна програма підтримки прийняття групових рішень на основі Байєсової мережі» / Є. В. Кузьмін, Н. Ф. Кузьміна. – Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №25844 від 25.09.2008 р.
- [15] А. Петух, В. Войтко, Є. Кузьмін, Н. Кузьміна, Модель процесу підтримки прийняття рішень з використанням Байєсових мереж, Наукові праці Вінницького національного технічного університету, № 3, 1.
- [16] Петух А. М. Моделі режимів групового вибору користувачів в інтерактивній системі колективної взаємодії / А. М. Петух, В. В. Войтко, Є. В. Кузьмін, Н. Ф. Кополовець, С. В. Бевз // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – 2007. – №1(13). – С. 80–86.
- [17] Петух А. М. Модель системи підтримки прийняття групових рішень / А. М. Петух, В. В. Войтко, Є. В. Кузьмін, Н. Ф. Кузьміна // Збірник матеріалів шостої міжнародної конференції ІОН – 2008 / Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2008. – Том 2. – С. 514–517.
- [18] Петух А. М. Інтерфейсні елементи системи колективного тестуючого навчання / А. М. Петух, В. В. Войтко, Д. І. Кательніков, Н. Ф. Кополовець // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – №1. – С. 98–106.
- [19] «Розподілена система підтримки прийняття групових рішень» / Н. Ф. Кузьміна, Є. В. Кузьмін. – Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №50446 від 26.07.2013 р.
- Стаття надійшла: 17.02.20.

#### References

- [1] Pietukh A. M. Metody pryiniattia rishen i prohozuvannya podii v interaktyvnykh systemakh / A. M. Pietukh, N. F. Kuzmina, Ye. V. Kuzmin, V. V. Voitko // Zbirnyk materialiv tretoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Materialy elektronnoi tekhniki ta suchasni informatsiini tekhnologii (METIT-3)» / Kremenchuk. – 2008. – С. 228.
- [2] Turuntaev L. P. Teoriya pryiniatyia reshenyi: Uchebnoe posobyie / Turuntaev L. P.; Tomskiy mezhvuzovskiy tsentr dystantsyonnoho obrazovaniya. — Tomsk: 2007. — 197 s.
- [3] Pietukh A. M. Metody hrupovoho vyboru v interaktyvnykh systemakh kolektyvnoi vzaiemodii / A. M. Pietukh, V. V. Voitko, Ye. V. Kuzmin, N. F. Kopolovets, S. M. Burbelo // Zbirnyk materialiv mizhvuzivskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Prohresyvni informatsiini tekhnologii v nautsi ta osviti» / Vinnytsia. – 2007. – S. 188–195.
- [4] Kuzmina N. F. Ohliad metodiv obchyslennia Baiiesovykh merezh / N. F. Kuzmina, A. M. Pietukh // Visnyk Sums'koho derzhavnoho universytetu. Ser.: Tekhnichni nauky. – 2012. – №1. – S. 112-117.
- [5] Turban E. Decision support and expert systems: management support systems / E. Turban. – Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995 – 887 p.

- [6] Pietukh A. M. Pryntsypy realizatsii hrupovoho vyboru v interaktyvnykh systemakh kolektyvnoi vziaemodii / A. M. Pietukh, V. V. Voitko, Ye. V. Kuzmin, N. F. Kuzmina // *Novi tekhnolohii. Naukovyi visnyk Kremenchutskoho universytetu ekonomiky, informatsiinykh tekhnolohii i upravlinnia*. – 2008. – №1 (19). – С. 160–166.
- [7] Kuzmina N. F. Analiz osnovnykh kharakterystyk rozpodilenoii systemy pidtrymky pryiniattia hrupovykh rishen / N. F. Kuzmina // *Sbornyk nauchnykh trudov SWorld*. – Yvanovo: MARKOVA AD. – 2013. – Выпуск 3. – Том 6. – С. 84–87.
- [8] Pietukh A. M. Avtomatyzovana systema pidtrymky hrupovykh rishen / A. M. Pietukh, V. V. Voitko, Ye. V. Kuzmin, N. F. Kuzmina // *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*. – 2009. – №1. – С. 76-79.
- [9] Williamson J. Bayesian Nets and Causality. Philosophical and Computational Foundations / J. Williamson. – Oxford University Press Inc, New York, 2005 – 239 p.
- [10] N. Kuzmina, "The informational model of Bayesian networks clustering methods in group decision making support systems", *Norwegian journal of development of the international science*, №39, Vol. 1, 2020. – p. 22-25.
- [11] Chorna O.V. Modyfikovanyi metod avtomatyzatsii pryiniattia upravlynskykh rishen dlia stvorennia komandy upravlinnia proektamy / O.V. Chorna, L.A. Liushenko, N.A. Rybachok. – *UsyM*, №2, 2019. – s. 32-39.
- [12] «Kompiuterna prohrama hrupovoho pryiniattia rishen shchodo vykonannia poslidovnosti dii z vykorystanniam pryntsypu mediany Kemeni v systemakh kolektyvnoi vziaemodii» / N. F. Kuzmina., Ye. V. Kuzmin. – Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir №23007 vid 3.12.2007 r.
- [13] Tulupev A. L. Baiesovskye sety: Lohyko-veroiatnostnyi podkhod / A. L. Tulupev, S. Y. Nykolenko, A. V. Syrotkyn – SPb. : Nauka, 2006. – 607 s.
- [14] «Kompiuterna prohrama pidtrymky pryiniattia hrupovykh rishen na osnovi Baiesovoi merezhi» / Ye. V. Kuzmin, N. F. Kuzmina. – Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir №25844 vid 25.09.2008 r.
- [15] A. Pietukh, V. Voitko, Ye. Kuzmin, N. Kuzmina, Model protsesu pidtrymky pryiniattia rishen z vykorystanniam Baiesovykh merezh, *Naukovi pratsi Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, № 3, 1.
- [16] Pietukh A. M. Modeli rezhymiv hrupovoho vyboru korystuvachiv v interaktyvni systemi kolektyvnoi vziaemodii / A. M. Pietukh, V. V. Voitko, Ye. V. Kuzmin, N. F. Kopolovets, S. V. Bezv // *Optyko-elektronni informatsiino-enerhetychni tekhnolohii*. – Vinnytsia: UNIVERSUM. – 2007. – №1(13). – С. 80–86.
- [17] Pietukh A. M. Model systemy pidtrymky pryiniattia hrupovykh rishen / A. M. Pietukh, V. V. Voitko, Ye. V. Kuzmin, N. F. Kuzmina // *Zbirnyk materialiv shostoii mizhnarodnoi konferentsii ION – 2008 / Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia*. – 2008. – Том 2. – С. 514–517.
- [18] Pietukh A. M. Interfeisni elementy systemy kolektyvnoho testuiuchoho navchannia / A. M. Pietukh, V. V. Voitko, D. I. Katielnikov, N. F. Kopolovets // *Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh*. – 2007. – №1. – С. 98–106.
- [19] «Rozpodilena systema pidtrymky pryiniattia hrupovykh rishen» / N. F. Kuzmina, Ye. V. Kuzmin. – Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir №50446 vid 26.07.2013.

#### Відомості про авторів

**Квстний Роман Наумович** – д. т. н., професор, завідувач кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця 21021.

**Кузьміна Наталя Федорівна** – здобувач кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ

Р. Н. Кветный, Н. Ф. Кузьмина

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ГРУПОВЫХ РЕШЕНИЙ

Винницкий национальный технический университет, Винница

R. N. Kvyetnyy, N. F. Kuzmina

## DISTRIBUTED GROUP DECISION SUPPORT SYSTEM

Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa