

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВНА АКАДЕМІЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

МАЖАРОВ ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ

УДК 65.012:656

**МЕТОД ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРАМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ**

05.22.13 – Навігація та управління рухом

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Кропивницький – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Льотній академії Національного авіаційного університету Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук
Дмітрів Олег Миколайович,
Льотна академія Національного авіаційного університету,
завідувач кафедри льотної експлуатації, аеродинаміки та
динаміки польотів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук професор
Пашков Дмитро Павлович,
Державна екологічна академія післядипломної освіти та
управління, м. Київ, завідувач кафедри екологічного
моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних
технологій

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
Хмелевський Сергій Іванович,
Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, м. Харків, заступник начальника
кафедри повітряної навігації та бойового управління
авіацією

Захист відбудеться "30" листопада 2018 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 23.144.01 при Льотній академії Національного авіаційного університету за адресою:

25005, м. Кропивницький, вул. Добровольського, 1а.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці "Льотної академії Національного авіаційного університету" за адресою:

25005, м. Кропивницький, вул. Добровольського, 1а.

Автореферат розісланий "29" жовтня 2018 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 23.144.01



Ю.Г. Ковальов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення інформаційних можливостей автоматизованої системи управління повітряним рухом (АС УПР) нагально потребує підвищення оперативності та достовірності вирішення задач прийняття рішень на всіх етапах управління та являється одним з найважливіших напрямів розвитку системи управління повітряним рухом в цілому.

Однією з основних інформаційних задач, що вирішується в автоматизованій системі управління повітряним рухом (АС УПР) є оцінка обстановки (ОО), що складається. Даний процес засновано на аналізі інформаційної моделі (ІМ) обстановки, що подається за допомогою відповідних комплексів технічних засобів (КТЗ), які входять до складу АС УПР. Складові ІМ подаються для підготовки прийняття рішень операторами АС УПР як у візуальній формі (на засобах відображення), так і у вигляді лінгвістичної компоненти (звукові повідомлення, сформовані кодограми на борт повітряного судна, тощо).

Оцінка обстановки це складний процес діяльності людини, який містить множину взаємозалежних складових: пошук, сприйняття інформаційних елементів (ІЕ), їх декодування і порівняння, формування концептуальної моделі ситуації обстановки. Ефективність оцінки обстановки суттєво залежить від властивостей її ІМ, форми подання інформації і узгодження з психофізіологічними властивостями кожної конкретної людини-оператора (ЛО).

Результати аналізу стану системи інформаційного забезпечення (СІЗ) процесів оцінки обстановки в АС УПР свідчать, що для формування ІМ обстановки з метою підготовки прийняття рішень основна увага надається візуальній компоненті, і недостатньо уваги приділяється можливостям організації взаємодії людини-оператора (ЛО) з інтелектуальною системою, що входить до складу системи підтримки прийняття рішень (СППР), яка є обов'язковою складовою сучасних АС УПР. Тому інформаційна модель обстановки, яка пропонується особі, що приймає рішення (ОПрР) часто не повною мірою відповідає специфіці його діяльності внаслідок того, що в ній в недостатній мірі присутні лінгвістичні компоненти.

У існуючих АС УПР недостатньо розвинені засоби взаємодії ЛО з СППР, що є складовою лінгвістичного забезпечення будь-якої сучасної АСУ. Розвиток та удосконалення яких дозволили істотно знизити часові витрати на оцінку ситуації, підвищити достовірність відображення інформації про ситуації, що виникли, що в свою чергу підвищить ефективність діяльності ОПрР у цілому.

Відповідно, автоматизація процесів інформаційного забезпечення ОПрР за рахунок підвищення рівня інтелектуалізації взаємодії ЛО з СППР займає центральне місце, при вирішенні комплексної проблеми автоматизації процесів управління повітряним рухом.

Таким чином, наукова задача, що вирішується в дисертаційній роботі, а саме: розробка методу інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом з урахуванням ситуації обстановки що складається, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження виконані в межах науково-дослідної роботи «Розробка та

впровадження системи віддаленої тренажерної підготовки авіадиспетчерів на базі інтелектуальних процедурних тренажерів» (№ ДР 0112U002683), а також тісно пов'язані зі «Стратегічним планом розвитку авіаційного транспорту на період до 2020 року».

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом за рахунок удосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПР.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних завдань дослідження:

- виконати аналіз діяльності операторів АС УПР по оцінці обстановки для підтримки прийняття рішень в умовах існуючої системи інформаційного забезпечення;

- обґрунтувати необхідності вдосконалення системи інформаційного забезпечення, спрямованого на підвищення оперативності та достовірності підготовки вихідних даних для оцінки обстановки операторами АС УПР;

- виконати вибір показників ефективності оцінки діяльності операторів АС УПР;

- виконати аналіз існуючих методів, моделей і технологій побудови підсистеми взаємодії користувачів з СППР АС УПР;

- розробити методи аналізу повідомлень на внутрішній мові інтелектуальної системи;

- розробити методи синтезу природномовних повідомлень на обмеженій природній мові операторів АС УПР;

- розробити моделі, що реалізує процес взаємодії користувачів з інтелектуальною системою;

- провести оцінку ефективності використання розроблених методів з метою оцінки впливу розроблених методів на основні показники ефективності діяльності ОПР.

Об'єкт дослідження – процеси інформаційного забезпечення прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом.

Предмет дослідження – методи та моделі інформаційного забезпечення діяльності операторів автоматизованої системи управління повітряним рухом.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження, проведені в дисертаційній роботі, ґрунтуються на використанні наступних методів: системного аналізу – при аналізі інформаційного забезпечення з метою виділення і вивчення процесів оцінки інформації про обстановку й обґрунтування основних показників ефективності оцінки обстановки; теорії множин – при формуванні інформаційних ознак ситуацій обстановки; теорії графів і теорії прийняття рішень – при формуванні фрагментів інформаційної моделі обстановки; теорії ергономічного проектування – при аналізі діяльності оператора; методів теорії штучного інтелекту – при розробці методів та моделей аналізу та синтезу мовних конструкцій з урахуванням особливостей предметної області при вирішенні задач управління польотами.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. **Вперше розроблено** метод формування інформаційних моделей підтримки прийняття рішень, в якому реалізується лінгвістичний супровід формування та

управління складом інформаційної моделі на різних етапах діяльності оператора.

2. Удосконалено метод адаптивного формування повідомлень у СППР АС УПР, який, на відміну від відомих, враховує модель внутрішньої структури бази даних та бази знань, використовує обмежені природні мови взаємодії та формалізує процес формування природної мови повідомлень.

Обґрунтування та достовірність наукових результатів:

Ґрунтується на коректному використанні методів штучного інтелекту, апарату формальних мов та граматики, теорії категорій та топосів для подання конструкцій внутрішньої мови СППР, структуризації та представлення знань, а також апарату дерев синтаксичного підпорядкування та семантичних відмінків, що дозволило адекватно і правильно забезпечити взаємодію користувачів з СППР.

Крім того, основні теоретичні положення роботи базуються на вихідних посилках, які обґрунтовані в опублікованих роботах, пов'язаних з досліджуваною предметною областю, і не суперечать відомих положенням і результатам досліджень, які опубліковані в літературі.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що розроблені в роботі методи аналізу та синтезу природно-мовних повідомлень є науково-методичною основою створення призначеного для користувача інтерфейсу СППР і можуть бути реалізовані у вигляді прикладних програм, у складі математичного та програмного забезпечення СППР АСУ УПР. Універсальність логіко-категорного підходу до опису процесів фізичної реальності дозволяє використовувати результати досліджень для розробки природно-мовного інтерфейсу інтелектуальних систем, що використовуються як в СППР АС УПР так і для інших АСУ спеціального призначення.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені: в тренажерному центрі автоматизованої системи керування “Юлія” Харківського регіонального структурного підрозділу Украерорух що підтверджено відповідними актами реалізації.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом самостійних досліджень автора. У роботах, виконаних у співавторстві, авторові належить наступне: в роботі [1] запропоновано метод обробки та формалізації повідомлень операторів автоматизованої системи управління повітряним рухом на обмеженій мові взаємодії. Отримано модель обмеженої природної мови взаємодії, що враховує особливості професійної мови користувачів та внутрішньої мови інтелектуальної системи; в роботі [2] запропоновано модель (структуру, формальний опис) бази знань предметної області, що базується на положеннях теорії категорій і обчислення присутності. Пропонуються структури для опису об'єктів представляти в вигляді системи цільових установок. У підсумку, запропонований апарат формалізації дозволяє синтезувати програми для вирішення завдань підтримки прийняття рішень; в роботі [3] розроблено метод обробки і формалізації повідомлень операторів автоматизованої системи управління повітряним рухом на обмеженій мові взаємодії. Отримано модель обмеженої природної мови взаємодії, що враховує особливості професійної мови користувачів і внутрішньої мови інтелектуальної системи; в роботі [4] запропоновано математичну модель системи, яка відображає особливості діяльності оператора

системи людина-машина. На основі запропонованих принципів формалізації побудовано алгоритм, що моделює діяльність оператора в системі управління повітряним рухом. Подана модель дозволяє визначити основні характеристики ефективності роботи оператора; в роботі [5] запропоновано метод синтезу внутрішнього подання природномовних повідомлень, що дозволяє формувати дискурс, який задовольняє заданій меті. Застосування методу дозволяє синтезувати цілеспрямовані природномовні повідомлення і відповідно видавати користувачеві не інформацію взагалі, а тільки корисну інформацію для вирішення конкретного завдання.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи апробовані: на 9-й міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми інформатизації” (Україна, м. Харків, 2017); на 5-й міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми інформатизації” (Україна, м. Черкаси, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції “Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку” (Україна, м. Харків, 2018); XXII Всеукраїнській науково-практичній конференції “Теорія та практика створення, розвитку і застосування високотехнологічних систем спеціального призначення з урахуванням досвіду антитерористичної операції” (Україна, м. Житомир, 2018).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано у 10 наукових працях, у тому числі: 5 статей – у фахових виданнях, що внесені до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук та зареєстровані у міжнародних наукометричних базах, 1 – у матеріалах Всеукраїнської та 4 – Міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури, 11 додатків. Робота містить 219 сторінок, у тому числі 165 сторінок основного тексту, 35 рисунків і 12 таблиць, 107 найменувань використаних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, визначений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету і визначено основні завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, подано наукову новизну і практичну значущість отриманих результатів із вказівкою відомостей про впровадження результатів роботи, описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи і про публікації, а також структуру роботи.

У **першому розділі** основна увага приділена аналізу системи інформаційного забезпечення й процесів оцінки обстановки в АС УПР.

Аналіз процесів оцінки обстановки та підготовки прийняття рішення в АС УПР показав, що існуючі способи та засоби подання що пред'являється ОПР не повною мірою відповідає специфіці його діяльності.

Разом з основними творчими операціями, ОПР здійснює ряд допоміжних (технічних) дій, час на виконання яких складає в середньому до 30% від загального часу оцінки обстановки.

Показано, що оцінка обстановки операторами АС УПР – складний процес

діяльності людини, що містить множину взаємозв'язаних складових: пошук, сприйняття інформаційних ознак обстановки, які формуються на різних фізичних принципах подання аудіо та відео інформації, їх інтерпретації і порівняння, формування концептуальної моделі ситуації обстановки, які залежать від психофізіологічних властивостей людини і ергономічних властивостей системи інформаційного забезпечення АС УПР.

На рисунку 1 наведено отриману часову діаграму процесу вирішення задачі оцінки обстановки. Особливістю процесу реакції ОПРР на вхідну заявку є те, що операції попередньої та заключної обробки інформації виконуються паралельно з операціями оцінки обстановки і підготовки даних для ухвалення рішення ОПРР.

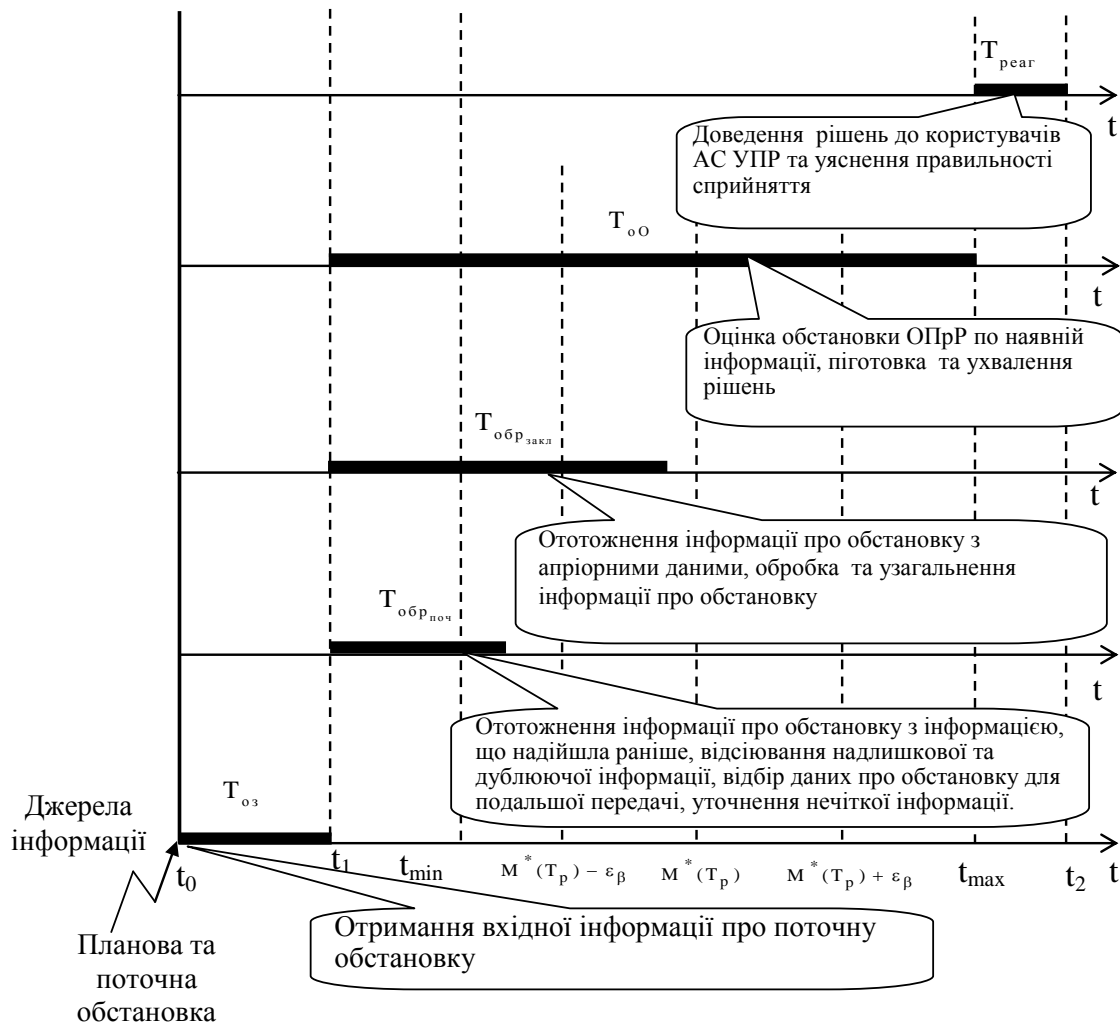


Рисунок 1 – Часова діаграма процесу оцінки обстановки

Ефективність прийняття рішень за результатами оцінки обстановки можна характеризувати оперативністю і достовірністю. В даному випадку під оперативністю слід розуміти можливість ОПРР оцінювати обстановку за час не більше заданого, що характеризується часом цієї оцінки – T_{oo} . Достовірна оцінка (D_{oo}) – це оцінка обстановки, що не викликає сумнівів, надійна.

Таким чином, ефективність оцінки обстановки (F_{oo}) – векторний показник, основними складовими якого є:

$$F_{oo} = f(t_{oo}, D_{oo}). \quad (1)$$

Встановлено аналітичні залежності для обчислення основних показників і їх складових. Показано, що в якості складових комплексного показника доцільно враховувати лінгвістичну компоненту, яка суттєво впливає на якість інформаційної моделі в розрізі покращення її ергономічних властивостей.

У другому розділі наведено обґрунтування вибору напрямку та загальна методика проведення досліджень.

Результати аналізу процесів оцінки обстановки і особливостей підготовки прийняття рішень в АС УПР на основі даних існуючої СІЗ дозволяють визначити часткові задачі вдосконалення інформаційного забезпечення, і саме його лінгвістичної компоненти, які об'єднані в наступні напрямки досліджень: розробка

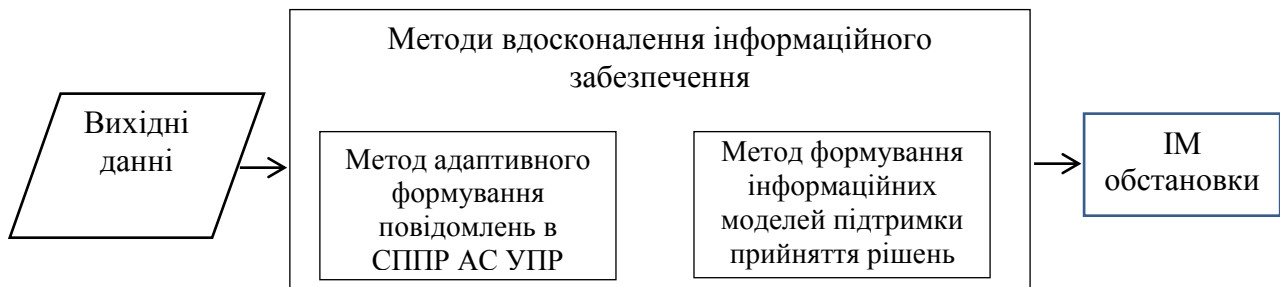


Рисунок 2 – Напрями удосконалення СІЗ

методу адаптивного формування повідомлень в СППР АС УПР; вдосконалення методу формування інформаційних моделей підтримки прийняття рішень.

Для вдосконалення інформаційного забезпечення діяльності операторів АС УПР пропонується наступна структура методів дослідження (рис. 2)

Як зазначалося раніше, при розробці лінгвістичного забезпечення СППР основна увага приділяється розробці формальної мови представлення знань. Після того як такої мова створена, робляться спроби забезпечити взаємодію з системою непрограмуючих користувачів. Тому над внутрішньою мовою інтелектуальної системи створюються різні програмні оболонки, що забезпечують взаємодію на обмеженій природній мові користувачів, з використанням системи меню, таблиць, анкет тощо. Такий підхід до розробки лінгвістичного забезпечення вимагає значних витрат ресурсів обчислювальної техніки (часу обробки запитів користувачів). Основною причиною такого стану робіт зі створення засобів взаємодії є відсутність єдиного підходу до їх розробки. Дослідження в галузі штучного інтелекту стосуються лише окремих питань даної проблеми, вони не об'єднані в єдину систему і вирішують лише часткові завдання.

Виходячи з цього, деталізовано послідовність етапів проведення дослідження наведено на рисунку 3.

Особливості реалізації процесів підготовки та підтримки прийняття рішень по управлінню повітряним рухом, високі вимоги до організації і планування діяльності операторів АС УПР на сучасному етапі можливо задовольнити тільки при широкому використанні СППР на базі сучасних високопродуктивних ЕОМ. При цьому формальною підставою для побудови СППР є інтенціональне счислення присутності, яке порівняно з іншими підходами володіє більш широкими

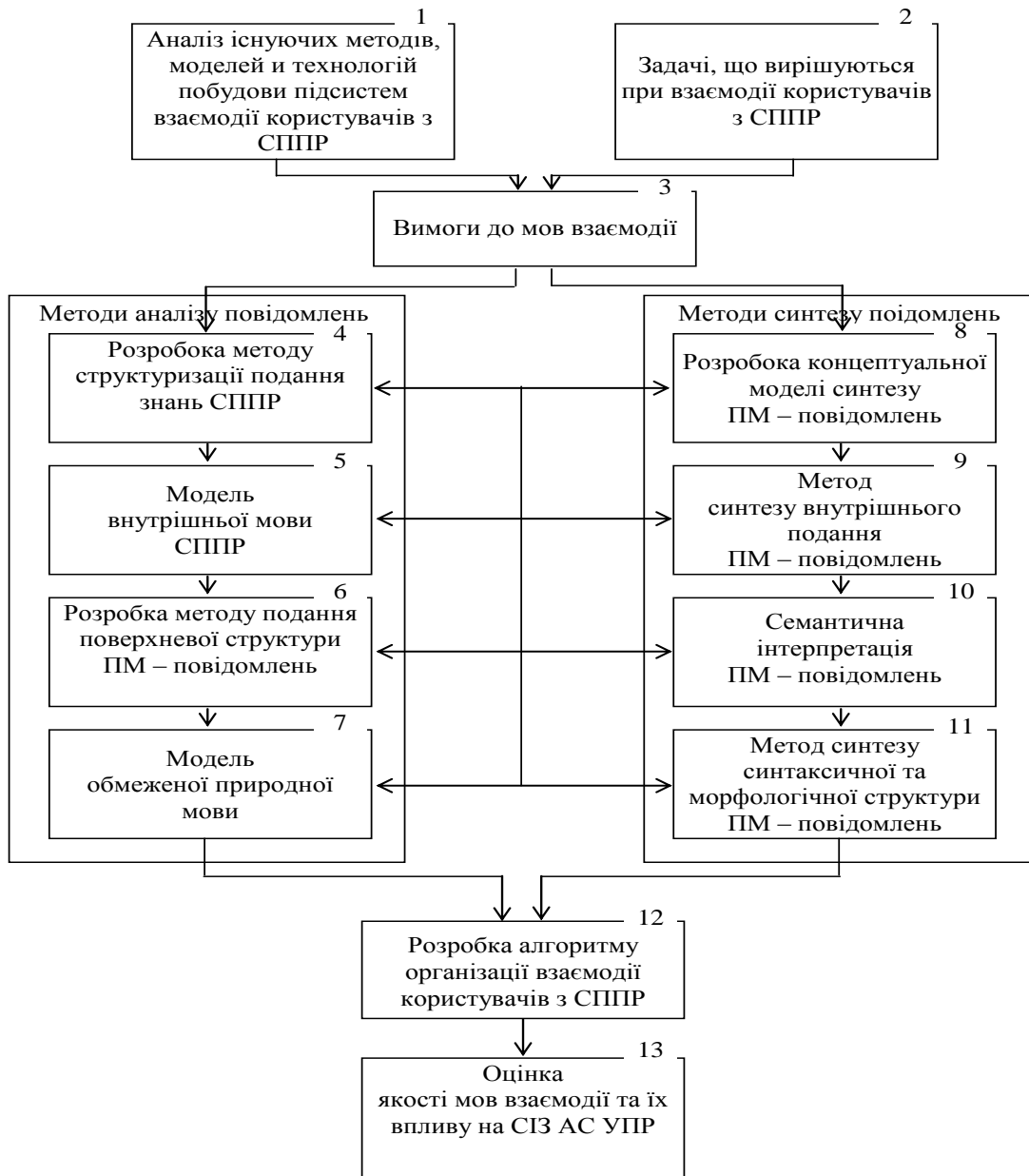


Рисунок 3 – Етапи проведення досліджень

можливостями по формалізації знань про процеси управління повітряним рухом.

Існуючі в даний час мови представлення знань і програмні оболонки для розробки інтелектуальних систем побудовані на базі відповідного логіко-лінгвістичного апарату (счислення предикатів, фреймів, систем продукцій тощо), що не дозволяє якісно організувати комунікативну взаємодію в ланці оператор – ЕОМ.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки внутрішньої мови СППР, що дозволить забезпечити взаємодію користувачів з інтелектуальною системою. Особливості процесу підготовки прийняття рішень в АС УПР, коли в ньому беруть участь різні групи користувачів, вимагає розробки численних лінгвістичних засобів (мов подання і маніпулювання знаннями, ведення системи мов для організації роботи непрограмуємих користувачів, тощо.).

В підсумку це призводить до суттєвого ускладнення системи. Найбільш

доцільним виходом із ситуації є використання двох рівнів мови взаємодії – природної професійної мови користувачів і формальної мови інтелектуальної системи. При цьому перехід з одного рівня мови на іншу здійснюється за допомогою реалізації алгоритму організації взаємодії між користувачами та СППР.

Створення внутрішньої мови інтелектуальної системи необхідно проводити на базі єдиної методики розробки лінгвістичного забезпечення, яка дозволяє здійснити вибір необхідних мов в системі, математично точно описати мову взаємодії і адекватно відобразити формально-логічні основи моделей подання знань про предметну область.

На основі аналізу діяльності ОПРР в динаміці оцінки складної обстановки і уточнення інформації про ситуації, що складаються, які пов'язані з необхідністю подання недостатніх лінгвістичних фрагментів ІМ, необхідно розробити основні положення підвищення рівня автоматизації управління системою інформаційних моделей.

Ці положення базуються на наступному твердженні – зміст, обсяг і форма подання інформації, користувачеві АС УПР, повинні забезпечувати максимальну оперативність і достовірність оцінки обстановки, що складається в зоні відповідальності органу управління.

У третьому розділі на основі аналізу теоретичних робіт і досвіду ергономічного проектування розроблено систему інформаційного забезпечення діяльності операторів, сформульовані часткові задачі, рішення яких забезпечує вдосконалювання інформаційного забезпечення.

В основу побудови внутрішньої мови системи покладено категорну модель знань, що є найбільш універсальним засобом, в порівнянні з відомими моделями, для формалізації знань про процеси управління повітряним рухом.

У базі знань предметної області можуть бути виділені наступні компоненти:

$$\langle M_j, D_j, C_j, PM_j, T_j \rangle, \quad (2)$$

де M_j – множина описів об'єктів проблемної області ω_j ; D_j – множина описів структур вихідних, проміжних і результуючих даних; C_j – опис множини цільових станів; PM_j – множина описів програмних модулів, T_j – множина теорій предметної області і задач, які дають опис необхідних процесів досягнення цільових станів, умови актуалізації цілей, обмеження на якість вирішення задач, тощо.

Для формування множини M_j слід виділити суттєві властивості понять які узагальнюються і структуруються. Для складових об'єктів визначаються підоб'єкти, їх атрибути та ролі. Кожній ролі приписується унікальне ім'я морфізму α_n , підоб'єктам та атрибутам - імена понять і властивостей α_n .

Структура для опису об'єктів в загальному вигляді може бути подана у виді:

$$\langle i, \omega, T; \alpha_1 : \bar{\alpha}_1; \alpha_2 : \bar{\alpha}_2; \dots ; \alpha_n : \bar{\alpha}_n \rangle. \quad (3)$$

Отримана множина цільових станів є сукупністю описів станів об'єктів. Кожен

з можливих станів подається як підоб'єкт даного об'єкта з унікальним ім'ям морфізму, який визначає відношення включення (передування, підлеглості, тощо) даного підоб'єкта в якості стану об'єкту. Цільові стани формалізуються на основі описів цільових настанов задач. При цьому опис ЦН може бути подано у виді:

$$\langle C, V, \gamma_1 : C_{11}, \dots, C_{1n}; \gamma_2 : C_{21}, \dots, C_{2p}; \gamma_3 : C_{31}, \dots, C_{3k} \rangle, \quad (4)$$

де C – ім'я цільової настанови, V – тип ЦН (диз'юнктивна або кон'юнктивна), $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – вид зв'язку, відповідно, передування, підлеглість, дія.

Найменування теорії об'єкту може бути подано у виді:

$$\text{Тоб} = \langle \mu(n, \text{ЗОП}) : i, \omega, T, S \rangle, \quad (5)$$

де μ – морфізм, вихідний із об'єкту; n – порядок диференціалу присутності морфізму; ЗОП – зміна оцінки присутності морфізму; i – унікальне ім'я об'єкта, по якому він може бути розпізнаний; ω – "можливий світ", в якому розглядається теорія об'єкта; T – тип теорії об'єкта (процес, стан, простір, час, тощо); S – службова інформація (коментарі, оцінка присутності, тощо).

Семантичне мережеве подання об'єкту X наведено на рис. 4. Умова присутності морфізму α включає присутність морфізмів v_1, v_2, v_3 а також морфізмів ρ_1, ρ_2 , що висловлюють додаткові обмеження R_1, R_2 на складові x_1, x_2, x_3 .

Над об'єктом X може бути задана теорія:

$$\begin{aligned} & \langle \alpha(1, \text{QP}) : X, \omega; T, S \rangle \\ & (v_1(1, \text{PP}) : x_1, \omega; T_1, S) \cap (v_2(1, \text{PP}) : x_2, \omega; T_2, S) \cap \\ & \cap (v_3(1, \text{PP}) : x_3, \omega; T_3, S) \cap (\rho_1(1, \text{PP}) : R_1, \omega_1; T_4, S) \cap (\rho_2(1, \text{PP}) : R_2, \omega_1; T_4, S). \end{aligned}$$

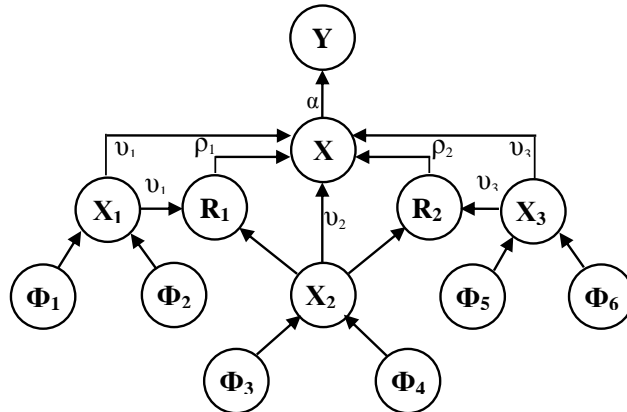


Рисунок 4 – Семантичне мережеве подання об'єкту X

Над об'єктом X може бути задана теорія:

$$\begin{aligned} & \langle \alpha(1, \text{QP}) : X, \omega; T, S \rangle \\ & (v_1(1, \text{PP}) : x_1, \omega; T_1, S) \cap (v_2(1, \text{PP}) : x_2, \omega; T_2, S) \cap \\ & \cap (v_3(1, \text{PP}) : x_3, \omega; T_3, S) \cap (\rho_1(1, \text{PP}) : R_1, \omega_1; T_4, S) \cap (\rho_2(1, \text{PP}) : R_2, \omega_1; T_4, S). \end{aligned}$$

Таким чином кожному поданню об'єкта в теорії фізичної реальності співставляються у відповідність сукупність перетворювачів інформації, які трансформують інформацію про вихідні поняття, які задовольняють початкові умови у інформацію про результуючі поняття, що мають відповідати новим умовам.

Аналіз існуючих моделей мов показав, що для опису внутрішньої мови системи найдоцільніше використовувати апарат формальних граматик. Доповнення формальної граматики Хомського семантичними продукційними правилами дозволило забезпечити взаємооднозначну відповідність між елементами категорної моделі знань і мовою подання знань. Крім того, опис мови за допомогою правил-продукцій дозволяє використовувати їх як для розпізнавання (породження) термінальних ланцюгів мови, так і для синтезу системи меню, поповнення словника, що забезпечує додаткові можливості для організації роботи користувачів, які безпосередньо не пов'язані з процесом програмування бази знань.

Для усунення недоліків граматик Хомського, які не враховують семантику, що в підсумку ускладнює вихід з тупикових ситуацій при розборі вихідного повідомлення, пропонується враховувати семантичні ознаки шляхом використання семантичних продукційних правил (СПП) наступного виду:

$$S_k(\text{sem}_k), P_z \rightarrow S_j(\text{sem}_j), P_m. \quad (6)$$

Наведене СПП означає наступне, якщо s_k , з відповідною семантичною ознакою присутнє в правилі переписування з номером z , то у правилі з номером m має бути присутня словоформа з семантичною ознакою sem_j . Запропоноване розширення граматик Хомського дозволяє здійснювати перевірку на семантичну коректність ланцюгів внутрішньої мови.

Для вибору альтернатив СПП (6) слід інтерпретувати наступним чином. Якщо s_k , з відповідною семантичною ознакою присутнє в правилі переписування з номером z , то при розборі вхідного ланцюга мови вибирається правило з номером m і ті S_j котрі мають семантичну ознаку sem_j .

Враховуючи розширення до існуючої граматики Хомського запропонована формальна граMATика з використанням СПП буде мати наступний вид:

$$G(L) = (V_T, V_N, P, SP, A), \quad (7)$$

де V_T - базовий словник термінальних символів; V_N - словник нетермінальних символів; P - множина правил, що дозволяють будувати синтаксично правильні конструкції мови; A - множина конструкцій які є апріорно правильними; SP - семантичні правила.

Запропонована внутрішня мова системи дозволяє проводити формальний опис теорії різноманітних об'єктів предметної області. З точки зору практичних застосувань, користувачам цього є явно не достатньо, оскільки процес взаємодії з СППР спрямований на досягнення конкретних цілей, що і потрібно враховувати. Для забезпечення маніпулювання знаннями доцільно використовувати прагматичні функції.

Введення в граматику семантичних ознак дозволяє стверджувати про

отримання модифікованої КС граматики, яка розширює відомі КС граматики (по Хомському). Крім того запропонована граMATика дозволяє управляти виводом і тим самим збільшує ступінь детермінованості розпізнавання (породження) ланцюгів мови.

Для переходу від тексту обмеженої природної мови операторів до внутрішнього подання необхідно використовувати модель мови, яка заснована на багаторівневому описі. Тексти обмеженої природної мови являють поверхневий рівень мови. Поверхнево-синтаксичний рівень мови задається структурою іменних груп. Глибинний рівень – деревами синтаксичного підпорядкування, з встановленими семантичними відносинами. При цьому зв'язки між словоформами (іменними групами) встановлюються не тільки з використанням знань про синтаксис мови, а й знань про проблемну область а також враховують семантику внутрішньої мови системи. Рівень смислів, представлений виразами С-мови інтелектуальної системи.

Для реалізації мови взаємодії, відповідно до запропонованої моделі, розроблено такі алгоритми: побудови іменних груп; побудови дерев синтаксичного підпорядкування (ДСП); перетворення цієї структури в вирази інтелектуальної С-мови системи. Особливості професійної мови користувачів і внутрішньої мови СППР дозволили запропонувати модель обмеженої природної мови, що має такі особливості: тексти обмеженої природної мови є поверхневою структурою мови взаємодії, вирази С-мови подають рівень сенсу. Для переходу від одного рівня до іншого необхідно використовувати багаторівневий опис мови. Проміжними рівнями при переході до рівня сенсу є іменні групи і дерева синтаксичного підпорядкування.

Перехід від поверхневого рівня мови взаємодії до рівня сенсу може бути подано у вигляді послідовного перетворення наступного виду:

$$l \xrightarrow{\mu_1} \text{ДСП} \xrightarrow{\mu_2} \text{глибинний рівень} \xrightarrow{\mu_3} c; \quad (8)$$

де l , c – вирази обмеженої природної мови взаємодії та внутрішньої мови системи відповідно, μ_1 , μ_2 , μ_3 - процедури, що дозволяють переходити від виразів обмеженої природної мови до побудови ДСП, семантичного аналізу та внутрішнього подання системи.

В основу концептуальної моделі синтезу покладено процес переходу від сенсу, представленого у вигляді речень внутрішньої мови системи до тексту на обмеженій природній мові користувачів. При цьому за внутрішнім поданням будується адекватний за змістом текст на обмеженій природній мові. Для усунення багатозначності відображення використовується дискурсивний підхід, який розширює одиницю синтезу до фрагменту зв'язного тексту. Відповідно до запропонованої концептуальної моделі задача синтезу вирішується в три етапи: синтез внутрішнього подання природномовного повідомлення; семантична інтерпретація природномовного повідомлення; синтез синтаксичної і граматичної структури природномовного повідомлення.

В сукупності зміст отриманого методу може бути подано у вигляді двох функціональних блоків, що наведено на рис. 5.

Отриманий метод адаптивного формування повідомлень в АС УПР враховує особливості подання лінгвістичної складової АС УПР, та дозволяє перейти до розгляду питань розробки методу формування інформаційних моделей підтримки

прийняття рішень.

У четвертому розділі запропонувати структуру методу формування інформаційних моделей підтримки прийняття рішень в АС УПР, який складається з двох функціональних блоків та структуру якого наведено на рис. 6. Також

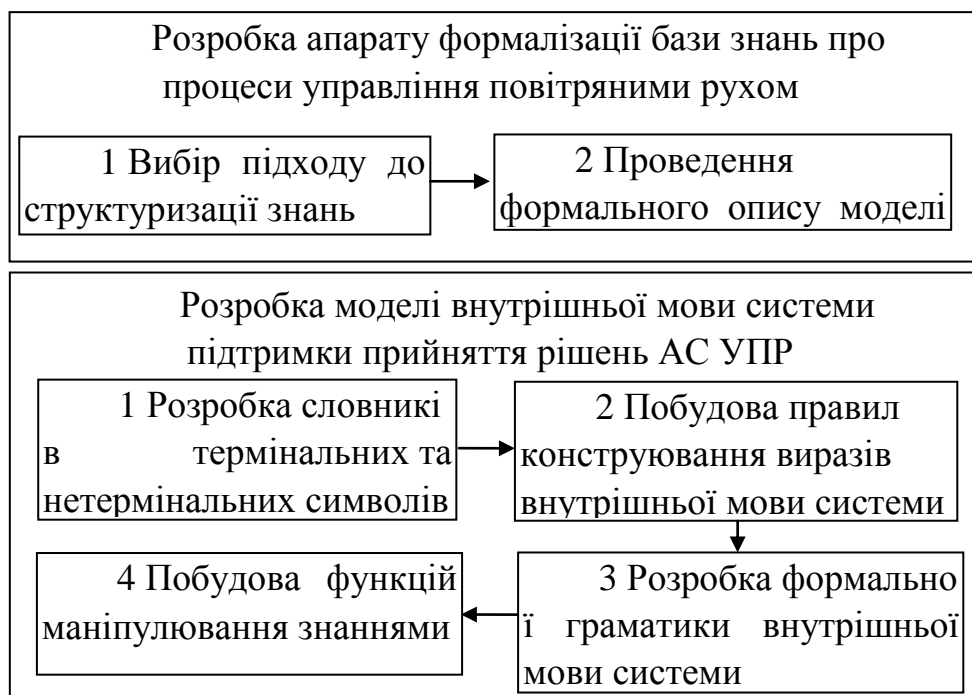


Рисунок 5 – Структура методу адаптивного формування повідомлень

проведено оцінку ефективності запропонованих методів.

В основу концептуальної моделі синтезу покладено процес переходу від сенсу, поданого реченнями внутрішньої мови системи до тексту на обмежено природній мові, що є цілком природним для користувача. Для усунення багатозначності при цьому перетворенні використовується дискурсивний підхід, який розширює одиницю синтезу до фрагмента зв'язного тексту.

Відмінною особливістю методу синтезу природньомовного повідомлення є його універсальність при семантичній інтерпретації понять предметної області, за рахунок використання категорної моделі подання знань. Введення логічного етапу дозволяє синтезувати лаконічні повідомлення, за рахунок введення скорочень і можливості заміни понять на займенники. При синтезі синтаксичної і граматичної структури природньомовного повідомлення метод дозволяє виділяти в дискурсі речення на основі комплексного використання синтаксичних і морфологічних методів обробки.

Сутність та порядок вирішення завдань згідно загального алгоритму взаємодії наведено на рис. 7.

На всіх етапах аналізу і синтезу залучається як семантика, так і синтаксис. Це стало можливим виходячи з наступних міркувань:

1. У системі використовується спільне подання знань різних рівнів і єдиний формат представлення результатів синтаксичного і семантичного аналізу.

2. У системі при поділі різних рівнів аналізу і синтезу використовуються

прийоми взаємодії модулів, в залежності від результатів розбору, що змінюють послідовність роботи цих модулів в часі.

Склад процедур, пов'язаних з обробкою виразів С-мови може змінюватися в широких межах виходячи з принципів побудови системи знань і їх обробки.



Рисунок 6 – Структура методу формування інформаційних моделей підтримки прийняття рішень в АС УПР

Процес вироблення рішення в такій системі спрямований на досягнення присутності цільових установок. Останні сприймаються системою як теорії, що підлягають доведенню. Результатом доказу (логічного висновку) є план дій. З його використанням в подальшому синтезується програма, виконання якої забезпечує присутність виразу С-мови, що описує цільовий стан.

Введення етапу синтезу внутрішнього подання природномовного повідомлення дозволяє формувати дискурс, що задовольняє поставленій цілі. Застосування синтезу внутрішнього подання природномовного повідомлення з одного боку дозволяє синтезувати конкретизовані природномовного повідомлення і відповідно видавати користувачеві не інформацію взагалі, а тільки корисну інформацію для вирішення конкретного завдання, з іншого боку дискурс розширює можливості семантичного і синтаксичного методів синтезу.

Відмінною особливістю методу синтезу семантичної інтерпретації природномовних повідомлень є його універсальність при семантичній інтерпретації понять предметної області, за рахунок використання категорної моделі подання знань. Введення логічного етапу дозволяє синтезувати лаконічні повідомлення, за

рахунок введення скорочень і можливості заміни понять займенниками. Також методу синтезу синтаксичної і граматичної структури природномовного повідомлення дозволяє виділяти в дискурсі речення сформовані шляхом комплексного використання синтаксичних і морфологічних методів обробки.



Рисунок 7 – Структура вирішення завдання синтезу природномовного повідомлення

Для оцінки ефективності діяльності операторів АС УПР в умовах зміни структури СІЗ за рахунок запропонованих методів, проведено експеримент з використанням імітаційної моделі. Графіки на рис. 8 відображають оперативність оцінки обстановки у випадку низької та близької до середньої інтенсивності польотів в умовах наближених до нормальних, графік 1 – для великої інтенсивності польотів в складних умовах. Графік 3 показує досягнутий рівень оперативності за рахунок впровадження розроблених методів, що дають можливість максимально врахувати всі інформаційні ознаки і в тому числі лінгвістичну складову ІМ. Математичне очікування часу оцінки обстановки при використанні запропонованих методів та необхідної модифікації програмного забезпечення наявних КТЗ АС УПР буде становити $M^*(T_p) = 420,4 - 830,2$ с (7,01 – 13,84 хв).

Таким чином, використання запропонованих методів сприяє підвищенню рівня інтелектуалізації процесів оцінки обстановки і підтримки прийняття рішень та дозволяє підвищити оперативність оцінки обстановки в АС УПР на 10-30%. триманий перерозподіл часу виконання операцій, виконуваних ОПрР при вирішенні задачі оцінки обстановки, наведено на рис. 9.

Проведений аналіз діяльності операторів АС УПР при оцінці обстановки та підготовки прийняття рішення свідчить, що загальний час рішення даної задачі скоротився на 10-30%. На 14% зменшено час оцінки візуальної інформації на ЗВІ КК та АРМ, за рахунок збільшення частки інформації поданої у вигляді лінгвістичної компоненти.

Також вдалося знизити витрати часу на введення та коригування візуальної інформації для модифікації ІМ.

Рішення задач оцінки обстановки та підготовки прийняття рішень з використанням лінгвістичних засобів дозволило скоротити час на взаємодію між різними операторами АС УПР, що сприяло скороченню загального часу роботи.

Також вдалося вивільнити приблизно 12% загального часу на процеси, які безпосередньо пов'язані з розумовою діяльністю по прийняттю рішень. Даний запас часу сприяє прийняттю більш творчих та обґрунтованих рішень або може бути використаний для підвищення оперативності прийняття таких рішень.

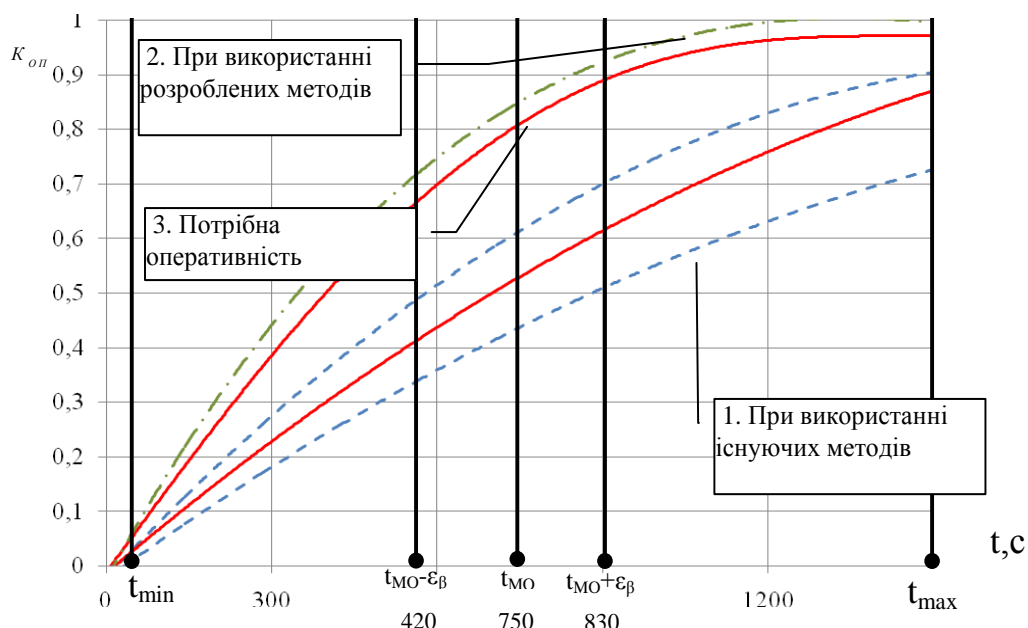


Рисунок 8 – Оперативність оцінки обстановки при використанні розроблених методів

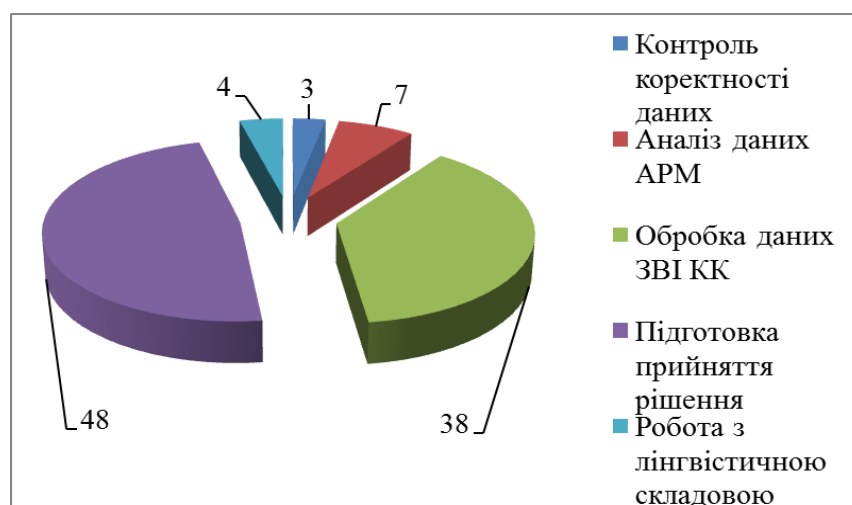


Рисунок 9 – Розподіл витрат часу ОПрР при оцінці обстановки для прийняття рішення з використанням запропонованих методів

Для оцінки ступеню обґрунтованості прийняття рішень по оцінці обстановки операторами АС УПР використано розроблену імітаційну модель оцінювання діяльності оператора АС УПР.

За результатами експериментальних досліджень отримано значення показників, що наведено на рис.10.

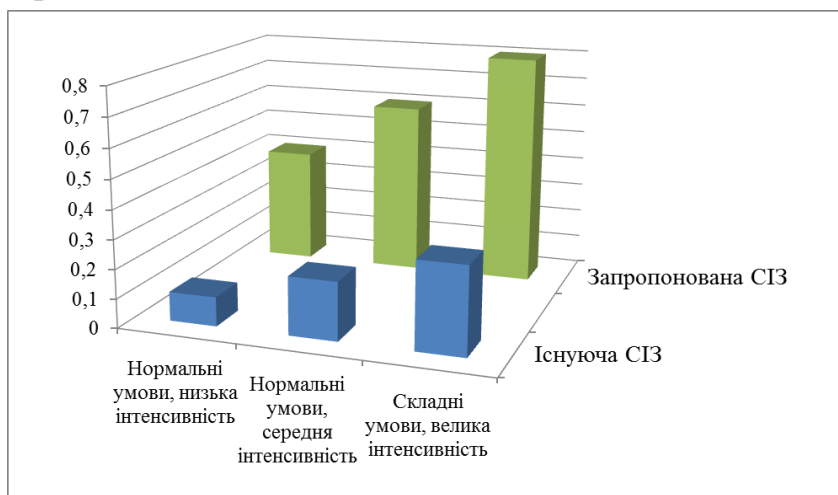


Рисунок 10 – Порівняльна оцінка повноти інформаційних моделей в існуючих та запропонованих методах

Результати порівняльного аналізу свідчать про збільшення узагальненого показника ефективності інформаційної моделі зі значень з 0,05 до 0,29 для нормальних умови та низької інтенсивності польотів та з 0,25 до 0,78 для складних умови та великої інтенсивності польотів.

У **додатках** містяться акти впровадження результатів досліджень, довідкові і вихідні дані, що були використані при розробці методів й оцінці якості розроблених методів, рекомендації по формуванню ІМ обстановки, результати експериментальних досліджень основних показників оцінки обстановки.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання, що полягає у розробці методу інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом. При цьому отримано такі результати:

1. Визначено, що особливості реалізації процесів підготовки та підтримки прийняття рішень по управлінню повітряним рухом, високі вимоги до організації і планування діяльності операторів АС УПР на сучасному етапі можливо задовольнити тільки при широкому використанні СППР на базі сучасних високопродуктивних ЕОМ.

2. В процесі управління ПР інформаційна модель в існуючих АС УПР переважно складається з відеоінформації, та зовсім незначна частка належить лінгвістичній складовій. Це знижує інформативність ІМ, за рахунок того що не враховуються психофізіологічні можливості людини-оператора по сприйняттю інформації, та в повній мірі не відповідає умовам обстановки, що складається.

3. Формальною підставою для побудови СППР АС УПР є інтенціональне счислення присутності, яке порівняно з іншими підходами володіє більш широкими можливостями по формалізації знань про процеси управління повітряним рухом. Існуючі в даний час мови представлення знань і програмні оболонки для розробки інтелектуальних систем побудовані на базі відповідного логіко-лінгвістичного апарату (счислення предикатів, фреймів, систем продукцій тощо), що не дозволяє якісно організувати комунікативну взаємодію в ланці оператор-ЕОМ. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки внутрішньої мови СППР, що дозволить забезпечити взаємодію користувачів з інтелектуальною системою.

4. Особливості процесу підготовки прийняття рішень в АС УПР, коли в ньому беруть участь різні групи користувачів, визначило необхідність розробки численних лінгвістичних засобів (мов подання і маніпулювання знаннями, ведення системи мов для організації роботи непрограмуємих користувачів, тощо.). В підсумку це суттєво ускладнює систему. Шляхом виходу з цієї ситуації вбрано використання двох рівнів мови взаємодії – природної професійної мови користувачів і формальної мови інтелектуальної системи. При цьому перехід з одного рівня мови на іншу здійснюється за допомогою реалізації алгоритму організації взаємодії між користувачами та СППР.

5. Створення внутрішньої мови інтелектуальної системи проведено на базі єдиної методики розробки лінгвістичного забезпечення, яка дозволила здійснити вибір необхідних мов в системі, математично точно описати мову взаємодії і адекватно відобразити формально-логічні основи моделей подання знань про предметну область.

6. Удосконалено метод адаптивного формування повідомлень у СППР АС УПР, який, на відміну від відомих, враховує модель внутрішньої структури бази даних та бази знань, використовує обмежені природні мови взаємодії та формалізує процес формування природної мови повідомлень.

7. Вперше отримано метод формування інформаційних моделей підтримки прийняття рішень, в якому реалізується лінгвістичний супровід формування та управління складом інформації на різних етапах діяльності оператора.

8. Визначено інформаційні потреби ОПР в процесі оцінки обстановки для підготовки прийняття рішень, покладені в основу удосконалення системи інформаційного забезпечення АС УПР. Розроблені методи забезпечують інформаційну підтримку процесу прийняття рішень в умовах недостатньої визначеності обстановки, що динамічно змінюється в часовій та просторовій площині.

Запропоновано зміни до складу спеціального математичного та програмного забезпечення, а також комплексів технічних засобів існуючих АС УПР, що враховують лінгвістичну складову

9. Синтез нової ІМ, яка враховує лінгвістичну компоненту дозволив підвищити ступінь її повноти та відповідності інформації при оцінці обстановки за рахунок збільшення кількості врахованих чинників і розробки форм їх подання, що відповідають характеру діяльності ОПР. Це дозволило збільшити повноту інформаційних моделей на 15-21%.

10. Дослідження економічних витрат пов'язаних з впровадженням

модифікованих АРМ, свідчать про збільшення вартості модифікації АРМ не більше, ніж на 3% за рахунок введення технічних засобів для роботи з лінгвістичною компонентою і модернізації спеціального програмного забезпечення.

Таким чином, сукупність отриманих в дисертації нових наукових результатів і оцінка ефективності їх використання дозволяють вважати сформульовану наукову задачу – розробка методу, який забезпечує підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом за рахунок удосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПРР – досягнутою.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації

1. Литвиненко М.І. Метод подання поверхневої структури повідомлень на обмеженій природній мові взаємодії операторів автоматизованої системи управління повітряним рухом / М.І. Литвиненко, **В.С. Мажаров**, С.І. Антоненко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони – 2018. – № 1(31) – С. 53-60.

2. Полонський Ю.І. Apparatus of knowledge formalization for a support system of decision making by operators of air traffic automated control system / Ю.І. Полонський, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, **В.С. Мажаров** // Системи обробки інформації. – 2018. – № 1(152). – С. 41-45.

3. Литвиненко М.І. Method of representation of the surface structure of messages on the restricted natural language of the operators of automated air traffic control system / М.І. Литвиненко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, **В.С. Мажаров** // Системи обробки інформації. – 2018. – № 2(153). – С. 75-80.

4. Ясинецький В.П. Формалізована модель діяльності оператора пункту управління повітряним рухом / В.П. Ясинецький, О.В. Якобінчук, І.О. Борозенець, **В.С. Мажаров** // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони — 2017 – № 2 (29) – С. 59-64.

5. Мажаров В.С. Разработка метода синтеза естественных языковых сообщений / **В.С. Мажаров**, М.А. Павленко, В.Н. Руденко, Є.О. Судніков // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони 2017 - № 3 (30) – С. 50-55.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. Шило С.Г. Підхід до формалізації знань для системи підтримки прийняття рішень в автоматизованій системі управління повітряним рухом /. С.Г. Шило, І.О. Борозенець, П.Г. Бердник, **В.С. Мажаров**, / Проблеми інформатизації: Матеріали дев'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Київ : ДУТ, НТУ; Полтава: ПНТУ; Катовице: КЕУ; Париж: Університет Париж VII Венсент-Сен-Дені; Вільнюс: ВДТУ // Харків : ХНДІТМ, 2017. – С. 77.

7. Шило С.Г. Підхід до розробки лінгвістичних засобів системи підтримки прийняття рішень / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, **В.С. Мажаров** // Проблеми інформатизації: Тези доповідей п'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Черкаси: ДТУ; Баку: ВА ЗС Азербайджанської республіки; Бельсько – Бяла: Університет технології і гуманітарних наук; Полтава: ПНТУ // Черкаси : ДТУ, 2017. – С. 30.

8. Шило С.Г. Система мовних одиниць тексту внутрішньої мови системи

підтримки прийняття рішень в асу спеціального призначення / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, **В.С. Мажаров** // Міжнародна науково-практична конференція “Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку” Міжнародна науково-практична конференція 14-15 березня 2018 року, м. Харків: Національна академія Національної гвардії України, Харківський національний університет радіоелектроніки // Харків: ХНАНГУ, 2018. – С. 52.

9. Шило С.Г. Принципи використання внутрішньої мови системи підтримки прийняття рішень в асу спеціального призначення / С.Г. Шило, Г.В. Щербак, В.С. Мажаров // Міжнародна науково-практична конференція “Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку” Міжнародна науково-практична конференція 14-15 березня 2018 року, м. Харків: Національна академія Національної гвардії України, Харківський національний університет радіоелектроніки // Харків: ХНАНГУ, 2018. – С. 53.

10. Шило С.Г. Підхід до концептуального аналізу знань в автоматизованій системі управління повітряним рухом / С.Г. Шило, Г.В. Щербак, **В.С. Мажаров**, В.М. Руденко // Теорія та практика створення, розвитку і застосування високотехнологічних систем спеціального призначення з урахуванням досвіду антитерористичної операції : XXII Всеукр. наук.-практ. конф., 26–27 квіт. 2018 р. : тези доповідей / М-во оборони України, Житомир. військ. ін-т імені С. П. Корольова; відп. за випуск Р. Л. Ставісюк. – Житомир : ЖВІ, 2018 – С. 308-309.

АНОТАЦІЯ

Мажаров В.С. Метод інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – Навігація та управління рухом. – Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, 2018.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі, пов'язаної з необхідністю розробки методу, який забезпечує підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень операторами автоматизованої системи управління повітряним рухом за рахунок удосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПР.

Удосконалено метод адаптивного формування повідомлень у СППР АС УПР, який, на відміну від відомих, враховує модель внутрішньої структури бази даних та бази знань, використовує обмежені природні мови взаємодії та формалізує процес формування природної мови повідомлень.

Вперше отримано метод формування інформаційних моделей підтримки прийняття рішень, в якому реалізується лінгвістичний супровід формування та управління складом інформації на різних етапах діяльності оператора.

Ключові слова: оператор автоматизованої системи управління повітряним рухом, система підтримки прийняття рішень, лінгвістичне забезпечення, модель взаємодії.

АННОТАЦИЯ

Мажаров В.С. Метод информационного обеспечения процессов принятия

решений операторами автоматизированной системы управления воздушным движением. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.13 – Навигация и управление движением. – Обособленное структурное подразделение Национального авиационного университета "Летная академия Национального авиационного университета", Кропивницкий, 2018.

Диссертация посвящена решению актуальной научной задачи, связанной с необходимостью разработки метода, который обеспечивает повышение оперативности и достоверности принятия решений операторами автоматизированной системы управления воздушным движением за счет совершенствования информационного обеспечения процессов принятия решений операторами.

Усовершенствованный метод адаптивного формирования сообщений в СППР АС УВД, который, в отличие от известных, учитывает модель внутренней структуры базы данных и базы знаний, использует ограниченные природные языка взаимодействия и формализует процесс формирования естественного языка сообщений, а также впервые полученный метод формирования информационных моделей поддержки принятия решений, в котором реализуется лингвистическое сопровождение формированием и управлением состава информации на различных этапах деятельности оператора в совокупности позволяют устранить существующие недостатки построения системы информационного обеспечения.

Применение предложенных методов позволяет увеличить оперативность оценки обстановки на 15-30% и обеспечить необходимый состав данных для эффективного принятия решений в системе управления воздушным движением.

Ключевые слова: оператор автоматизированной системы управления воздушным движением, система поддержки принятия решений, лингвистическое обеспечение, модель взаимодействия.

ANNOTATION

Majarov V. Method of information provision of decision-making processes by operators of automated air traffic control system. – Qualifying scientific work based on the rights of the manuscript.

The thesis for a candidate of technical science degree in speciality 05.22.13 – Navigation and traffic control. –Flight academy of the National aviation university, Kropivnitskyi, 2018.

The dissertation is devoted to solving actual scientific problem, connected with the related to the necessity of developing a method that provides for increasing the efficiency and reliability of decision making by operators of the automated air traffic control system by improving the information provision of the decision-making processes of the operators ACCS.

For the first time a method of formation of decision support informational models was developed, in which linguistic support for the formation and management of the information structure at different stages of the operator's activity is realized.

Keywords: operator of the automated air traffic control system, decision support system, linguistic support, model of interaction.

Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк.0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 0690

Підписано до друку 29.10.2018 р.
Свідоцтво держ. реєстру ДК №977 від 05.07.2002р.

Видавництво Льотна академія НАУ
м. Кропивницький,
вул. Добровольського,1,
тел. 39-44-37