

Принципи Побудови Систем Інформаційної Підтримки Прийняття Рішень на Авіаційних Підприємствах

Володимир Темніков
кафедра засобів захисту інформації
Національний авіаційний університет
Київ, Україна
temnikov_v@ukr.net

Андрій Темніков
кафедра засобів захисту інформації
Національний авіаційний університет
Київ, Україна
temnikoff@ukr.net

Principles of Building Information Systems for Decision Support in Aviation Enterprises

Volodymyr Temnikov
dept. of Information Security
National Aviation University
Kyiv, Ukraine
temnikov_v@ukr.net

Andrii Temnikov
dept. of Information Security
National Aviation University
Kyiv, Ukraine
temnikoff@ukr.net

Анотація—Наведені принципи побудови систем інформаційної підтримки прийняття оперативних рішень керівниками та операторами авіабудівних та авіатранспортних підприємств на основі інтелектуальних інформаційних технологій.

Abstract—The principles of building information support systems for making operational decisions by managers and operators of aircraft building and air transport enterprises on the basis of intelligent information technologies are given.

Ключові слова—системи підтримки прийняття рішень, інтелектуальні інформаційні технології, штучні нейронні мережі, нечітка логіка, психофізіологічний стан, авіадиспетчери, оператори

Keywords—decision support systems, intelligent information technologies, artificial neural networks, fuzzy logic, psychophysiological state, air traffic controllers, operators

I. ВСТУП

В даний час в авіаційній галузі усе більшої актуальності набуває створення інформаційних систем, призначених для оперативного виявлення порушень у роботі авіапідприємств. Особлива увага приділяється запобіганню порушень, пов'язаних з людським фактором. Це пояснюється тим, що, наприклад, від того, наскільки швидко і грамотно оператори будуть приймати рішення по

виявленню і розпізнаванню порушень в роботі обчислювальних систем (ОС), в значній мірі залежить ефективність роботи авіабудівних підприємств, а від оперативності та обґрунтованості рішень адміністраторів диспетчерських служб аеропортів – кількість авіаційних аварій та подій, пов'язаних з людським фактором (в тому числі, помилками авіадиспетчерів, зумовленими їх перебуванням в неналежному психофізіологічному стані (ПФС)), які можуть призвести до великих людських жертв і значних матеріальних збитків.

Важливим є також те, що зазначені порушення часто стають джерелом загроз для критичної інформації, що циркулює і зберігається на підприємствах.

Цим обумовлена велика актуальність робіт, що проводяться авторами по створенню систем інформаційної підтримки прийняття рішень (СІПР) адміністраторами, операторами та іншими особами, які приймають рішення (ОПР) в процесі роботи авіапідприємств. Дослідження проводилися для двох типів авіаційних підприємств: машинобудівних (авіабудівних) і авіатранспортних (аеропортів).

В якості критеріїв ефективності роботи СІПР автори розглядають швидкодію і достовірність їх роботи.

У статті представлені вимоги до СІПР для авіапідприємств зазначених типів, а також основні

принципи побудови та способи підвищення достовірності роботи і швидкодії систем прийняття рішень ОПР, застосування яких дозволило забезпечити роботу в режимі реального часу при високій достовірності. Основну увагу у статті приділено поліпшенню характеристик СІПР, призначених для підтримки прийняття рішень ОПР при розпізнаванні і аналізі відмов ОС авіабудівних підприємств, а також при визначенні ПФС диспетчерів та операторів обох типів підприємств, що розглядаються.

При розробці СІПР враховувалися особливості їх функціонування в реальних умовах експлуатації, а саме той факт, що СІПР функціонує в умовах неповноти і невизначеності інформації, а також випадкового впливу внутрішніх факторів і зовнішнього (фізичного) середовища (внутрішніх і зовнішніх впливів випадкового характеру). Ця обставина істотно ускладнює процес розробки СІПР, обумовлює необхідність застосування методів побудови складних розподілених динамічних систем і інтелектуальних інформаційних технологій (ІТ).

Нижче наведені основні принципи використання інтелектуальних ІТ для побудови та підвищення достовірності роботи і швидкодії СІПР при їх застосуванні для розпізнавання відмов (збоїв в роботі) ОС, а також зниження впливу людського фактора на безпеку польотів в авіації.

II. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА АВІАБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

В основі розробки СІПР для застосування на авіабудівних підприємствах з метою підвищення ефективності роботи та забезпечення інформаційної безпеки підприємств лежать такі положення:

1. Авіабудівні підприємства розглядаються як розосереджені підприємства. При цьому зазначимо, що прагнення до включення до складу підприємства все більшої кількості об'єктів і підвищення захищеності інформації знаходяться в протиріччі, тому що розширення підприємства веде, внаслідок збільшення кількості об'єктів для атак зловмисників (а отже, і загроз для інформації), до підвищення уразливості інформації.

2. Автоматизована система (АС) розосередженого авіабудівного підприємства, в класифікації НД ТЗІ 2.5-005-99 [1], являє собою АС класу 3 і розглядається як сукупність АС класу 2, з'єднаних між собою лініями зв'язку (рис. 1). АС класу 2, представлені на рис. 1, суть АС, що працюють в підрозділах базового підприємства або інших підприємств, що входять до складу розосередженого, і є локальними ОС.

3. Захисту на авіабудівних підприємствах підлягає інформація, що циркулює на них у вигляді інформаційних потоків, що розповсюджуються по лініях зв'язку, і зберігається в їх базах даних/знань. АС класу 3 містить центральну базу даних/знань та локальні – у підрозділах розосередженого підприємства.

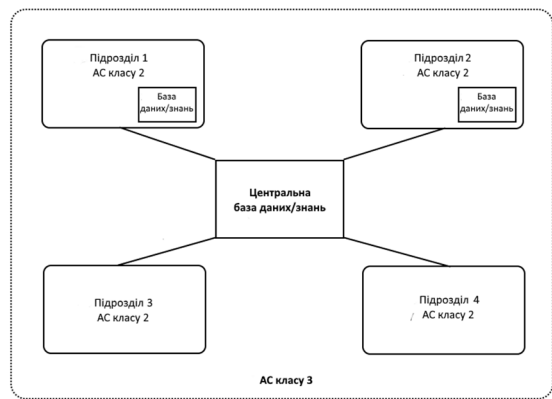


Рис. 1. Узагальнена структурна схема АС розосередженого авіабудівного підприємства

4. Відповідно до НД ТЗІ 1.1-003-99 [2], АС розглядається як організаційно-технічна система, що реалізує ІТ та об'єднує ОС, фізичне середовище, персонал і оброблювану інформацію.

5. Прийняття рішень щодо забезпечення інформаційної безпеки розосереджених авіабудівних підприємств ґрунтується на аналізі та оцінці змін ризиків при зміні параметрів АС, що мають місце внаслідок внутрішніх і зовнішніх впливів. Ризик може бути описаний кількісними або якісними (на основі методів теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних) показниками.

6. З огляду на неповноту і невизначеність інформації, що є вихідною для прийняття рішень, а також випадковий характер впливу внутрішніх факторів і зовнішнього середовища, автори розглядають СІПР як складні розподілені динамічні системи і пропонують для їх побудови застосовувати інтелектуальні ІТ (методи теорій нечітких множин, розпізнавання образів, експертних систем, штучні нейронні мережі (ШНМ)). При цьому актуальним є комбіноване застосування різних ІТ для об'єднання їх переваг. Так, наприклад, одночасне використання ШНМ і експертних систем дозволяє забезпечити як високу функціональну гнучкість СІПР, так і швидкодію; одночасне використання методів експертних систем і нечіткої логіки – підвищити швидкодію системи і зменшити розміри баз знань.

III. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ СЛУЖБАХ АЕРОПОРТІВ

Зниження впливу людського фактора на безпеку польотів в авіації автори пропонують забезпечити шляхом проведення моніторингу ПФС авіадиспетчерів в процесі виконання ними своїх функціональних обов'язків [3]. Під ПФС розуміється емоційний стан диспетчера, а також стани втоми, сонливості і тривоги.

Для надання інформаційної підтримки у прийнятті рішень особам, які здійснюють контроль за діями авіадиспетчерів (адміністратору, старшому диспетчеру), більш ефективного і швидкого запобігання порушень в роботі диспетчерів, авторами розроблена СІПР,

призначена для моніторингу ПФС авіадиспетчерів. Задачею СІППР, яка повинна функціонувати в режимі реального часу, є своєчасне подання сигналу ОПР про порушення в роботі диспетчерів; звіт про роботу системи може служити документальним підтвердженням факту порушення.

Використання голосу в якості аналізованого образу дає можливість здійснювати контроль диспетчерів безконтактно, дистанційно, не відволікаючи їх від роботи.

Основними вимогами до СІППР є забезпечення роботи системи в режимі реального часу (тобто підвищені вимоги пред'являються до швидкодії системи) і проведення контролю за безперервним злитим мовленням диспетчера.

Розробка системи проводилася з урахуванням особливостей її практичного застосування: невеликі відстані від джерел звуку до СІППР, відносно малі значення шумів в аналізованих мовних сигналах, малі кількості контрольованих осіб, наявність специфічних вимог до авіадиспетчерів (щодо застосування певної нормативно встановленої фразеології, розміреності мови та ін.).

Розроблювана авторами система моніторингу ПФС авіадиспетчерів за їх безперервним злитим мовленням включає в себе такі підсистеми: сканування та дискретизації мовного сигналу; попередньої обробки сигналу, яка полягає в шумозаглушенні; сегментації безперервного мовлення на мовні фрагменти; пошуку в безперервному мовленні і виділення ключових мовних фрагментів (моделі яких заздалегідь включені до відповідної бази даних – словника); моніторингу ПФС авіадиспетчерів по ключовим мовним фрагментам, що проводиться на основі їх пофонемного аналізу.

У якості мовних фрагментів, за якими проводиться моніторинг ПФС, використовуються словосполучення, слова (елементи слів), що часто застосовуються авіадиспетчерами в процесі роботи, входять до складу професійної фразеології, встановленої нормативними документами.

Підставою для проведення моніторингу ПФС авіадиспетчерів по параметрам, що характеризують конкретні мовні фрагменти, послужили результати проведених авторами досліджень, які показали, що, зокрема, значення одного з основних параметрів мовного сигналу – частоти основного тону (ЧОТ) – для одних і тих же фонем (аллофонів) в різних мовних фрагментах можуть істотно відрізнятися.

Підсистема виділення ключових мовних фрагментів з безперервного злитого мовлення диспетчера створюється з застосуванням методів теорії розпізнавання образів [4]. При цьому, модуль класифікації підсистеми автори пропонують будувати на базі дикторонезалежних ШНМ, навчених на розпізнавання ключових мовних фрагментів.

Застосування ШНМ дозволяє істотно підвищити точність роботи підсистеми. Однак можливість застосування ШНМ в якості основи для побудови її модуля класифікації обмежується кількістю параметрів

сигналів, що надходять на її входи. У наших розробках параметризація вказаної підсистеми здійснюється на основі методу короткотривалого аналізу [5]. У разі безпосереднього використання в якості інформативних параметрів кепстральних коефіцієнтів, що розраховуються на кожному фреймі, на які ділиться ключовий мовний фрагмент, їх кількість, а, значить, і кількість вхідних параметрів (нейронів) ШНМ, досягала б значних величин.

Для забезпечення можливості побудови модулів класифікації підсистем виділення ключових мовних фрагментів на основі ШНМ було необхідно істотно зменшити кількість інформативних параметрів мовних сигналів, що подаються на вхід ШНМ. Це було досягнуто в процесі розробки нової системи інформативних параметрів, застосування якої дозволило суттєво (більш ніж на порядок) зменшити кількість вхідних параметрів (нейронів) ШНМ без будь-якого істотного зменшення достовірності роботи.

Моніторинг ПФС за ключовими мовними фрагментами пропонується проводити на основі порівняльного аналізу контрольних і еталонних інформативних параметрів, що характеризують окремі (в першу чергу, голосні) фонемі, що входять до складу ключових мовних фрагментів, за такими етапами: сегментація ключового слова на фонемі, розпізнавання голосних фонем, параметризація голосних фонем, класифікація мовних сигналів і прийняття рішення про ПФС диспетчера. В процесі проведення моніторингу ПФС здійснюється перевірка, чи знаходяться значення ЧОТ в «коридорі», що відповідає стану авіадиспетчера «норма» (спокійний стан) – вихід значень ЧОТ за межі встановленого «коридору» свідчить про те, що авіадиспетчер знаходиться в неналежному ПФС.

Дослідження показали, що зміни ЧОТ свідчать як про зміну емоційного стану диспетчера, так і про настання станів втоми, сонливості і тривоги. Зауважимо при цьому, що стани втоми, сонливості і тривоги, на відміну від емоційного стану, не піддаються контролю з боку людини і не можуть змінюватися за її бажанням.

IV. СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ТА ДОСТОВІРНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ СЛУЖБАХ АЕРОПОРТІВ

A. Спосіб підвищення швидкодії СІППР

Простий перебір мовних фрагментів при використанні ШНМ є непродуктивним – при його застосуванні не може бути забезпечена робота підсистеми моніторингу ПФС в режимі реального часу.

Авторами розроблений алгоритм пошуку мовних фрагментів у безперервному мовленні, застосування якого дозволяє значно прискорити процес пошуку. Підвищення швидкодії роботи підсистеми досягається шляхом швидкого відкидання мовних фрагментів, моделі яких априорі не входять до складу словника ключових мовних фрагментів, перед їх обробкою підсистемою моніторингу ПФС. Застосування ШНМ стає необхідним лише у випадку перевірки мовних фрагментів, відібраних в процесі попереднього відбору.

Значущим етапом при застосуванні розробленого способу підвищення швидкодії роботи підсистеми є складання моделей мовних фрагментів. Зазначені моделі являють собою послідовності позицій, призначених для розпізнаних фонем; при цьому, під розпізнаванням розуміється як власне розпізнавання фонем (в першу чергу, голосних), так і віднесення фонем до певного класу (наприклад, класу глухих приголосних).

База моделей ключових мовних фрагментів створюється на етапі реєстрації диспетчерів. При застосуванні розробленого способу відкидаються мовні фрагменти, моделі яких не відповідають моделям, що складають базу моделей мовних фрагментів. Важливим є відсутність необхідності розпізнавання всіх фонем ключового слова – досить розпізнати (або віднести до певного класу) кілька фонем – їх послідовність складе гіпотезу, що підтверджується або відкидається ШНМ.

Таким чином, реалізація розробленого способу підвищення швидкодії роботи підсистеми моніторингу ПФС полягає у виконанні такої послідовності дій:

1. Складання моделі контрольного мовного фрагмента, побудованої за першими з розпізнаних фонем мовного фрагмента.

2. Пошук в базі моделей мовних фрагментів тих моделей, які відповідають мовному фрагменту, що надійшов для аналізу. У разі наявності в базі моделей відповідної моделі висувається гіпотеза, що аналізований мовний фрагмент є в словнику.

3. Перевірка гіпотези із застосуванням ШНМ.

4. При позитивному результаті перевірки гіпотези – проведення моніторингу ПФС авіадиспетчера.

Ефективність способу виділення ключових мовних фрагментів з безперервного злитого мовлення залежить від якості їх сегментації на фонемі, яку пропонується проводити із застосуванням вейвлетів за методом, який описаний в [6] стосовно шумозаглушення.

Б. Способи підвищення достовірності роботи СІППР

1. Для підвищення достовірності роботи СІППР доцільно збільшувати кількість інформативних параметрів, що аналізуються.

В якості інформативних пропонується застосовувати такі параметри ключових мовних фрагментів: ЧОТ і пов'язані з нею параметри (порівняність мелодійного контуру, дисперсія, середнє значення та ін.), формантні частоти і їхні відношення, тривалість проголошення ключових мовних фрагментів.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження, метою яких був аналіз параметрів, що характеризують мовні фрагменти, з точки зору їх ефективності для визначення ПФС, показали, що найбільш інформативні є друга, третя і четверта формантні частоти, а також відношення значень цих формантних частот, отриманих під час моніторингу, до їх значень, виміряних при знаходженні диктора в стані норми.

2. Для підвищення достовірності роботи підсистеми виділення ключових мовних фрагментів треба застосовувати ШНМ з декількома виходами. На кожному виході ШНМ розраховується вектор розмірності n , i -ий елемент якого є імовірнісним значенням того, що процедура виявлення ключових мовних фрагментів проходить конкретний (i -ий) мовний фрагмент, параметри якого занесені до відповідної бази даних. Природно, застосування ШНМ з декількома виходами супроводжується ускладненням процесу навчання ШНМ.

3. Подальше підвищення достовірності визначення ступеня втоми, сонливості і тривоги авіадиспетчера може бути досягнуто на основі введення контролю стану його серцево-судинної системи під час передзмінного медико-психологічного контролю та перерв в роботі. Оцінити стан серцево-судинної системи можна за пульсом і параметрами електрокардіограм, знятих з використанням стаціонарних та портативних електрокардіографів.

V. Висновки

1. Розроблено принципи побудови СІППР для забезпечення прийняття обґрунтованих рішень керівниками та операторами авіабудівних підприємств. СІППР розробляються на основі інтелектуальних ІТ, що дає можливість планувати оперативні управлінські дії в умовах неповноти та невизначеності інформації, що циркулює та збирається на підприємствах.

2. Розроблено принципи побудови СІППР щодо доступу операторів та диспетчерів до інформаційних ресурсів ергатичних систем, реалізація якої дозволяє здійснювати моніторинг ПФС операторів і диспетчерів в режимі реального часу протягом всієї робочої зміни, що істотно знизить вплив людського фактора на ефективність роботи та інформаційну безпеку авіапідприємств.

3. Розроблено способи підвищення достовірності роботи і швидкодії СІППР в диспетчерських службах аеропортів, застосування яких дозволяє здійснювати моніторинг ПФС авіадиспетчерів в режимі реального часу з високою достовірністю (відсоток правильного розпізнавання вище 98%).

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] НД ТЗІ 2.5-005-99 Класифікація автоматизованих систем та стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу.
- [2] НД ТЗІ 1.1-003-99 Термінологія в галузі захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу.
- [3] В.А. Темников, Е.Л. Темникова, Параметризация автоматического контроля доступа операторов к ресурсам информационных систем по голосу // Вестник Восточноукраинского национального университета им.В.Даля. - №9 (151). – Ч.1. – 2010. – С.143-148.
- [4] Г.С. Рамишвили, Автоматическое опознавание говорящего по голосу // М.: Радио и связь, 1981. – 224 с.
- [5] Л. Рабинер, Б. Гоулд, Теория и применение цифровой обработки сигналов // М: Мир, 1978. – 848 с.
- [6] В.А. Темников, Л.В. Пономаренко, Методика проведения шумоочистки речевого сигнала в процессе распознавания // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В.Даля. - №5 (111). – Ч.1. – 2007. – С.123-127.