

*В.О. Темніков, кандидат технічних наук, доцент,
О.В. Петейчук, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)*

КОНТРОЛЬ РОБОТИ АВІАДИСПЕТЧЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ МОВНОГО СИГНАЛУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

В статті авторами запропоновано використання системи розпізнавання мови в поєднанні з системою автентифікації особи за голосом. Шляхом спільного використання двох систем досягається покращення якості контролю доступу до систем управління.

Важливою ланкою у функціонуванні автоматизованої системи управління повітряним рухом є робота авіадиспетчера. Проблема людського фактору у сфері авіації є доволі актуальною, оскільки вона пов'язана з жорсткими вимогами до часу прийняття рішень та надійності авіадиспетчерів через високу швидкість процесів, що відбуваються під час виконання ними функціональних обов'язків.

Статистичний аналіз причин економічних та соціальних втрат транспортних (в тому числі, авіаційних) та інших компаній свідчить про те, що від 50 % до 80 % всіх аварій та порушень технологічного режиму трапляються з вини оперативного персоналу [1]. В українській авіації аварійність з вини персоналу за останні роки збільшилась на 10 % [1].

Одним із шляхів підвищення безпеки в авіації є неперервний контроль за діями авіадиспетчерів як суб'єктів авіаційних ергатичних систем (ЕС) у процесі виконання функціональних обов'язків під час робочої зміни, що дозволяє істотно знизити відсоток виникнення аварій та аварійних ситуацій через людський фактор.

Таким чином, актуальною є розробка автоматизованої системи контролю доступу (СКД) авіадиспетчерів до систем управління ЕС, що забезпечує вирішення таких задач як автентифікація авіадиспетчерів (для запобігання несанкціонованого доступу до систем управління) і моніторинг їх психофізіологічного стану (емоційного стану та стану втоми).

Особливостями роботи авіадиспетчера є:

- постійна нервово-емоційна напруженість, пов'язана з підвищеною відповідальністю за прийняті рішення, дефіцитом часу та великим обсягом контрольованих ситуацій;
- наявність встановленої спеціальної фразеології, яку авіадиспетчер повинен використовувати під час аудіозв'язку з повітряним судном.

В статті пропонується контроль за роботою авіадиспетчера здійснювати по голосу, аналізуючи моні відрізки, що форсуються в процесі аудіообміну авіадиспетчерів з повітряними та наземними авіаційними станціями. При цьому враховується вплив психофізіологічного стану (ПФС) авіадиспетчера на параметри його мовного сигналу.

В статті авторами розроблені алгоритм побудови однієї з підсистем СКД - підсистеми параметризації та структурна схема побудови системи контролю за роботою авіадиспетчера на основі аналізу мовних відрізків, що виділяються з неперервної (зливої) мови авіадиспетчерів.

Розроблений алгоритм включає такі етапи: сегментацію, пошук слів в неперервній (злитій) і розпізнавання оператора.

Голосовий сигнал, що надходить на мікрофон в процесі обміну інформацією, підлягає попередній обробці, в ході якої відбувається видалення шумів та сторонніх сигналів. Система розпізнавання мови з отриманого (очищеного) загального інформаційного потоку виділяє певну кількість слів, що були сказані в заданий проміжок часу. Після здійснюється виділення та розпізнавання лексичних елементів (під лексичними елементами розуміємо фонемі, алофони, дифони, тощо), яким властиво об'єднуватись в склади та морфемі, що в свою чергу створюють всі можливі еталони слів, речень та повідомлень, які містяться в попередньо сформованому фразеологічному словнику.

Процес пошуку слів в неперервній (злитій) мові в запропонованій авторами системі відбувається на основі скритних марківських моделей, що є ймовірнісною моделлю послідовності, яка з виділеного набору лексичних елементів намагається побудувати слова. Під час цього процесу лексичним елементам присуджується число ймовірностей їх використання. В стандартних скритних марківських моделях передбачається, що розподіл величини, яка спостерігається y_k залежить від не спостережуваного стану x_k з набору N значень [2]: $x_k \in \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$. Елементи X_k утворюють марківське коло стаціонарною матрицею переходів $a_{ij} \equiv P(x_k = X_j | x_{k-1} = X_i)$ та початковим розподілом $P(x_0)$ [2]. Формально це можна зобразити у вигляді:

$$P(x_k | x_0^{k-1}) = P(x_k | x_{k-1}),$$

тоді сумісна ймовірність може бути записана у вигляді

$$P(x_0^T) = P(x_0) \prod_{k=1}^T P(x_k | x_{k-1}). \quad [2]$$

Умовна ймовірність розподілення величини, що спостерігається y_k статистично пов'язана лише з поточним станом системи x_k [2]:

$$P(y_k | y_1^{k-1}, y_{k+1}^T, x_1^T) |_{x_k=x_j} = P(y_k | x_k) |_{x_k=x_j} = b_j(y_k)$$

Отримані під час розпізнавання мови параметри будуть використані на подальшому етапі, до якого система переходить автоматично, а саме автентифікації безпосередньо самого авіадиспетчера, в основі якого лежить процедура розпізнавання образів.

Розпізнавання образів – область наукових досліджень, яка пов'язана з розробкою принципів і побудовою систем, що призначені для визначення належності даного об'єкта до одного із заздалегідь виділених класів об'єктів. Кожен об'єкт описується сукупністю основних характеристик (інформативних параметрів) [3,4].

Оскільки під час робочої зміни в приміщенні знаходиться обмежена кількість авіадиспетчерів, доцільно використовувати як основний інформативний параметр мовного сигналу частоту основного тону (ЧОТ) та темпоральні характеристики мови.

В літературі описані різні методи оцінки ЧОТ мовного сигналу: кепстральний, автокореляційний, методи, що ґрунтуються на частотній та часовій селекції, інші методи

Авторами пропонується визначати частоту основного тону як середнє значення ЧОТ окремих фонем слів та фраз, що вимовляються авіадиспетчерами, отриману з використанням кепстрального методу з використанням програмного забезпечення для автоматизованої обробки даних Matlab.

Кожний оператор має свої значення частоти основного тону, характерні тільки для нього. Але ЧОТ не являється константою та може коливатись в певних межах в залежності від інтонації, розміщення наголосу, емоційного стану дикторів та ін. Одним із способів підвищення точності роботи системи автоматичної автентифікації осіб по голосу може бути врахування розподілу ЧОТ окремих фонем мовного відрізка для кожного диктора, наприклад, шляхом використання відносних значень ЧОТ.

Важливим засобом вираження емоцій, що визначають ПФС оператора, являється динаміка зміни ЧОТ.

Проведений авторами аналіз виявив наступні закономірності в зміні параметрів мовного сигналу при визначенні ПФС авіадиспетчера: при емоційних зрушеннях варіюється висота голосу та діапазон її зміни, вираженість мелодичного рисунку фрази; в стані підвищеного емоційного збудження на 3-5 дБ підвищується середній рівень мови, приблизно на 20 % збіль-

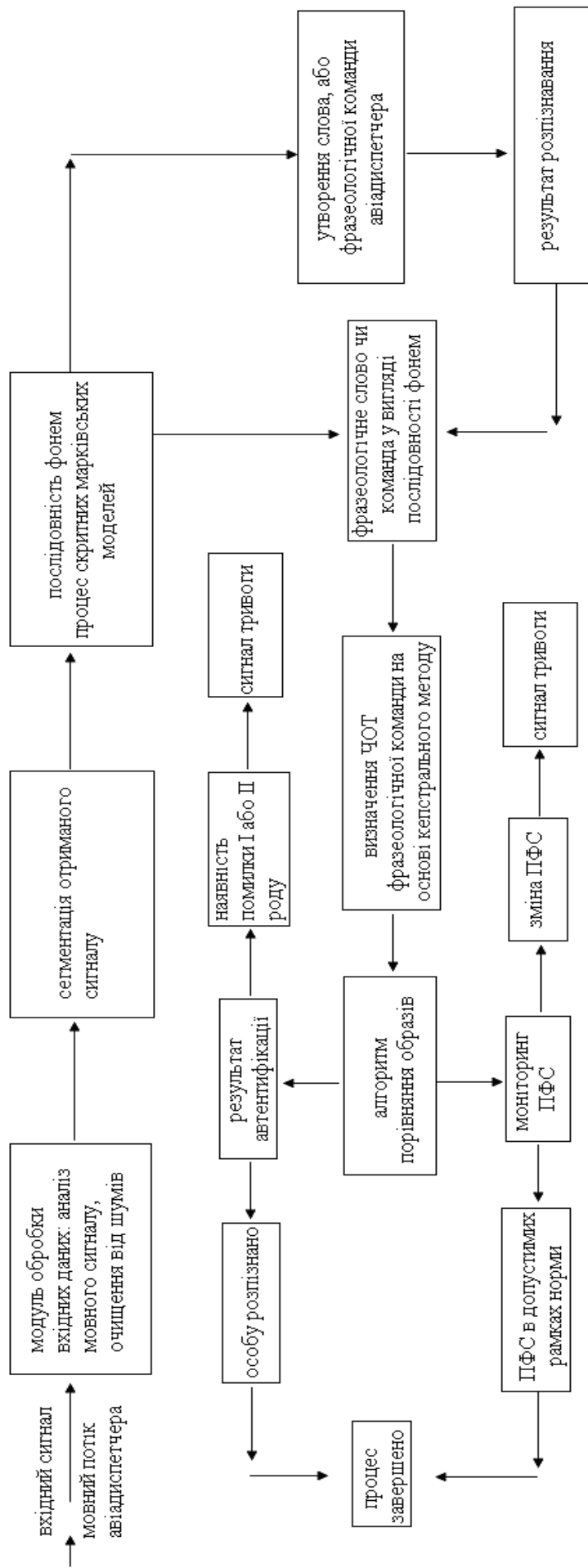


Рисунок 1. Узагальнена схема контролю за роботою авіадиспетчера

шується темп мови; в стані стомлення підвищується тривалість виголошеної фрази в зв'язку зі збільшенням довжини пауз та окремих звуків; при сильному стресі змінюється тембр голосу та інтонації мови.

Варіювання значення ЧОТ надає можливість стверджувати наявність відповідного авіадиспетчера на робочому місці, а вихід цього значення за рамки допустимої норми про зміну його ПФС.

Узагальнена структурна схема контролю за роботою авіадиспетчера, складена на основі вищесказаного, наведена на рис. 1.

Висновок

Запропонований авторами підхід дозволяє одночасно проводити розпізнавання особи, яка виконує свої функціональні обов'язки, та моніторинг її ПФС в режимі реального часу на основі аналізу мовного сигналу, що формується під час аудіообміну між авіадиспетчером та повітряними і наземними авіаційними станціями.

Проведення такого контролю за роботою авіадиспетчера дозволить зменшити вплив людського фактору на безпеку в різних сферах діяльності людей (на транспорті, в енергетиці та ін.), де оператори використовують певну встановлену фразеологію.

Список літератури

1. Буров О.Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини - оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності: дис... д-ра техн. наук: 05.01.04/НДІ проблем військової медицини Збройних Сил України.— К., 2006. — 329 с.
2. А.В. Королев, А.М. Силаев.// Алгоритм Витерби для моделей скрытых марковских процессов с неизвестным моментом появления скачка параметров// Изв.вузов. Радиофизика. 2005. Т.XLVIII, №4. С. 358-366.
3. Себестиан Г.-С. Процессы принятия решений при распознавании образов, пер. с англ., К., 1965. <http://bse.sci-lib.com/article095541.html>
4. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов, М., 1974. <http://bse.sci-lib.com/article095541.html>