

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОЇ УНІВЕРСИТЕТУ

ЛАВРИНЕНКО Олексій Сергійович

УДК 004.023:351.814.331.5

**МЕТОД ФОРМУВАННЯ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ СУБ'ЄКТА НАВЧАННЯ
НА ОСНОВІ ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДІЯЛЬНОСТІ
АВІАДИСПЕТЧЕРА**

05.22.13 – навігація та управління рухом

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кропивницький – 2021

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Джума Людмила Миколаївна
доцент кафедри інформаційних технологій
Льотної академії Національного авіаційного
університету

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Машков Олег Альбертович
професор кафедри екологічної безпеки Державної
екологічної академії післядипломної освіти та
управління Міністерства захисту довкілля та
природних ресурсів України

кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник
Хмелевський Сергій Іванович
начальник кафедри бойового застосування та
експлуатації АСУ Харківського національного
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Захист відбудеться "23" грудня 2021р. о 10⁰⁰ 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 ознайомитись у бібліотеці Льотної академії Національного авіаційного університету за адресою: 25005, м. Кропивницький, вул. Добровольського, 1а.

Автореферат розісланий "22" листопада 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 23.144.01

Ю.Г. Ковальов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Статистика показує, що авіація є найбільш безпечним видом транспорту, але при цьому події все ж мають місце, вісімдесят і більше відсотків яких відбуваються через людський фактор. Згідно «Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 – 2019» більше 50% випадків відбувається на етапах зльоту і посадки повітряного судна (ПС), а саме 12% на етапах зльоту та початкового набору висоти, та 53% – на кінцевому етапі заходження на посадку та посадку, відповідно. І це з урахуванням того, що в середньому зазначені вище етапи займають всього 6% від загальної тривалості польоту. Безпека польотів – це головне завдання, забезпечення якого покладається на технічний персонал із підготовки ПС перед вильотом, на екіпаж ПС, а також на органи обслуговування повітряного руху, отже, не мала кількість часу й коштів виділяється на професійну підготовку згадуваного авіаційного персоналу.

Підготовка фахівця з обслуговування повітряного руху – це тривалий та вельми складний процес, який передбачає крім накопичення знань ще й розвиток та тренування навичок. Виходячи з цього, при підготовці або перепідготовці диспетчерів управління повітряним рухом значну частину займає тренажерна підготовка. Це обґрунтовано тим, що тренажери забезпечують штучне відтворення умов та факторів, які мають місце в процесі роботи оператора з управління реальними динамічними об'єктами.

Однією з важливих задач при підготовці авіадиспетчерів є автоматизація оцінювання його операторської діяльності тому, що проблема кількісної оцінки його рівня кваліфікації пов'язана з впливом так званого «людського фактору» на безпеку польотів. Необхідність такої автоматизації розглядалася в контексті шляхів вдосконалення методів тренування із метою підвищення гнучкості систем тренування, їхньої функціональності й реакційної здатності. Впровадження автоматизації оцінювання тренувального процесу, автоматизації процесу формування вправ можливо за рахунок використання інтелектуальних навчальних систем.

Інтелектуальна навчальна система «Диспетчер Tower», що розробляється на кафедрі інформаційних технологій Льотної академії Національного авіаційного університету, націлена забезпечити таку можливість при підготовці диспетчера аеродромної диспетчерської вишки (АДВ). В основу таких інтелектуальних навчальних систем закладаються еталонна й поточна моделі суб'єкта навчання. Еталонна модель в процесі функціонування системи тісно взаємодіє з поточною моделлю суб'єкта навчання, оцінюючи дії оператора. На основі цієї інформації система формує для суб'єкта навчання індивідуальну траєкторію підготовки. Виходячи з цього, створення еталонної моделі суб'єкта навчання є актуальною науково-технічною задачею. Її реалізація стає можливою за наявності методу, який забезпечує збір та аналіз необхідного й достатнього інформаційного масиву, що відображає закономірності в професійній діяльності диспетчера АДВ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами темами. Наукові дослідження виконані в межах науково-дослідної роботи «Моделювання професійної діяльності фахівців з обслуговування повітряного руху», №ДР 0117U000794, та науково-дослідної роботи «Моделювання професійної діяльності диспетчерів із забезпечення польотів з повідомленнями організації потоків повітряного руху» №ДР 0121U100502, а також тісно пов'язані зі «Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року».

Мета та завдання дослідження. *Метою* дисертаційного дослідження є розробка методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання для реалізації режимів навчання й контролю знань в інтелектуальній навчальній системі «Диспетчер Tower», як методу зниження кількості помилок у професійній діяльності диспетчера АДВ.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних *завдань дослідження*:

1. Провести аналіз тренажерної підготовки та діяльності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки для технологічного аудиту предметної області, та обґрунтування необхідності розробки методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower».

2. Знайти механізм вилучення знань з предметної області, яка є складною безперервно-дискретною стохастичною динамічною системою управління зі змішаною структурою, для деталізації й уніфікації її складових, оцінки часових характеристик та виявлення закономірностей в ній.

3. Розробити модель циркуляції інформаційних потоків на робочому місці диспетчера аеродромної диспетчерської вишки, як складової еталонної моделі суб'єкта навчання.

4. Розробити метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower», що базується на виявлених закономірностях діяльності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки.

5. Провести оцінку адекватності та верифікацію отриманої еталонної моделі суб'єкта навчання для обґрунтування запропонованого методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower».

Об'єкт дослідження – професійна діяльність диспетчера аеродромної диспетчерської вишки.

Предмет дослідження – метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання для інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower».

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використані наступні методи дослідження:

- системний та глибинний аналіз, декомпозиція, синтез, інтерв'ювання та анкетування – при проведенні технологічного аудиту предметної області та обґрунтуванні необхідності розробки методу формування еталонної моделі

суб'єкта навчання для інтелектуальної навчальної системи та розробці моделі циркуляції інформаційних потоків на робочому місці диспетчера АДВ;

- комбінованого хронометражу, статистичного аналізу, статистичного висновування, теорії графів (GERT-мережі), імітаційного (об'єктно-орієнтовного) моделювання – при деталізації й уніфікації складових оцінки часових характеристик, отриманні закономірностей професійної діяльності диспетчера АДВ та проведенні імітаційного моделювання еталонного процесу прийняття рішень на його робочому місці;

- описової статистики, параметричної статистики, порівняння – при перевірці адекватності, стійкості та верифікації отриманої імітаційної моделі еталонного процесу прийняття рішень на робочому місці диспетчера АДВ.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. Вперше з метою використання в процесі проектування інтелектуальних навчальних систем розроблений метод формування (синтезу) еталонної моделі суб'єкта навчання для класу мовно-алгебраїчних систем, таких як безперервно-дискретні стохастичні динамічні системи управління зі змішаною структурою, основним елементом управління в яких є людина-оператор та якими є системи навігаційного обслуговування.

2. Вперше виявлені закономірності діяльності диспетчера управління повітряним рухом АДВ в системі навігаційного обслуговування та управління рухом на етапі заходу на посадку.

3. На підставі виявлених закономірностей досліджено інформаційні потоки в системі навігаційного обслуговування та управління рухом на етапі заходу на посадку ПС і вперше розроблено модель інформаційних потоків на робочому місці диспетчера АДВ, яка з гранично високим ступенем деталізації описує циркуляцію інформації для кожної конкретної технологічної операції. Також розроблена модель відображає засоби та методи відтворення або подання інформації, необхідної для прийняття оператором рішень при виконанні цих операцій.

4. Удосконалено метод вилучення знань предметної області за рахунок використання комбінованого методу хронометражу діяльності людини-оператора, який дозволяє отримати інформаційний масив більш точних часових характеристик технологічних операцій, які виконуються на робочому місці, а також виділити аферентні та еферентні оператори професійної діяльності людини-оператора, тим самим провести структурний аналіз та синтез динамічної складної системи й процесів в ній.

5. Удосконалено метод моделювання потоків ПС в середовищі інтелектуальної навчальної системи для самостійної роботи, заснований на імовірнісних характеристиках параметрів потоку, за рахунок розробки моделі генерування випадкових даних для елементів даного потоку.

6. Отримав подальший розвиток загальний алгоритм, дій диспетчера АДВ при обслуговуванні ПС, що прибувають в район аеродрому з метою здійснення посадки, який дозволяє розробити модель помилок і, як наслідок, реалізувати

автоматизацію оцінювання. Автоматизація в свою чергу забезпечує альтернативні траєкторії поточної моделі суб'єкта навчання, що реалізує адаптивну складову інтелектуальної навчальної системи.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що запропоновані методи та підходи дозволяють:

- вирішувати задачі моделювання динамічних складних гібридних систем (у тому числі й задачі моделювання різних робочих місць авіафахівців) та можуть братися за основу при проєктуванні інтелектуальних навчальних систем для підготовки фахівців різного профілю;

- виявляти закономірності часових характеристик технологічних операцій диспетчера АДВ, які можуть використовуватися для розрахунку пропускної спроможності як об'єктів аеродрому, так і аеродрому в цілому.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені: в Льотно-випробувальному комплексі Акціонерного товариства «Мотор Січ», у тренажерному центрі та на диспетчерському об'єкті обслуговування повітряного руху регіонального структурного підрозділу «Київцеттраеро» Украероруху (підтверджено відповідними актами).

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні результати досліджень доповідались та обговорювались на II, IV, V, VI, VII Міжнародних науково-практичних конференціях «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем», Кропивницький (Кіровоград), 2013, 2015, 2016, 2017, 2018 рр.; XXXIV, XXXV, XXXVI, XXXVII Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих учених та курсантів «Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи», присвячених Всесвітньому Дню авіації і космонавтики, Кропивницький (Кіровоград), 2014, 2015, 2016, 2017 рр.; XIX, XXI Міжнародних науково-практичних семінарах «Комбінаторні конфігурації та їх застосування», Кропивницький, 2017, 2019 рр.; Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Проблеми навігації і управління рухом», Київ, 2013 р.; XV Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки», Київ, 2015 р.; V Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління», Полтава-Баку-Білгород-Кіровоград-Харків, 2015 р.; III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інформатизації», Київ-Полтава-Орел-Білгород-Харків-Кіровоград, 2015 р.; Міжнародній науковій молодіжній школі «Системи та засоби штучного інтелекту», Київ, 2017 р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Інтелектуальні системи та інформаційні технології», Одеса, 2021 р.

Публікації результатів дисертації. Основний зміст дисертації опубліковано у 22 наукових працях, у тому числі – 4 статті у фахових виданнях України, які індексуються в міжнародних наукометричних базах, 1 стаття – в періодичному науковому закордонному виданні, 9 – у матеріалах Міжнародних та 5 – Всеукраїнських конференцій, 2 – у матеріалах Міжнародних семінарах та 1 праця у міжнародній школі.

Особистий внесок здобувача. У дисертаційній роботі автором особисто розроблені моделі циркуляції інформаційних потоків на робочому місці диспетчера АДВ та метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи на основі виявлених закономірностей діяльності авіаційного диспетчера, які особисто вилучені автором за рахунок використання запропонованого комбінованого методу хронометражу діяльності даного фахівця.

Роботи [4, 7-11, 14, 17] виконані одноосібно. В роботах, що виконані у співавторстві, здобувачу належать такі положення: в роботі [19] – оцінка структури і місця тренажерної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом; [6] – аналіз систем тренажерної підготовки авіадиспетчерів, та виявлення їхніх слабких місць; [12] – обґрунтування необхідності автоматизації контролю знань авіадиспетчерів; [13] – аналіз та синтез переліку технологічних операцій за рахунок використання методу хронометражу; [18] – виявлення закономірностей в професійній діяльності авіадиспетчера, як основи еталонної моделі; [15] – огляд робочого місця диспетчера АДВ з метою виявлення його інформаційних потоків; [16] – оцінка існуючих систем імітаційного моделювання; [21] – визначення вимог до впровадження умовних диспетчерських дозволів як засобу підвищення ефективності дій оператора в інтелектуальну навчальну систему; [22] – аналіз адекватності та верифікація результатів імітаційної еталонної моделі процесу прийняття рішень на робочому місці диспетчера АДВ; [1] – представлення методу вилучення знань про професійну діяльність людини-оператора з використанням комбінованого методу хронометражу; [2] статистичний аналіз даних для виявлення закономірностей професійної діяльності диспетчера АДВ; [3] – оцінка часових характеристик діяльності диспетчера АДВ за рахунок використання методу критичного шляху GERT-мережі; [5] – опис методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи, яка прийнята базовою для дисертаційного дослідження.

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 16 додатків. Загальний обсяг роботи становить 252 сторінок друкованого тексту, що включає 14 таблиць, 48 рисунків, 136 найменувань використаних джерел на 14 сторінках та 16 додатків на 50 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано 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 практичне значення 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** проведено аналіз місця та структури тренажерної підготовки, а також методик оцінювання практичних навичок диспетчерів аеродромної диспетчерської вишки (АДВ), який показав, що на даний момент відсутні тренажери для відпрацювання часткових завдань для диспетчерів управління повітряним рухом АДВ, які дозволили б здійснювати індивідуальну дотренажерну підготовку. Таке упущення призводить до великих витрат часу для індивідуального навчання кандидатів на процедурних тренажерах, відсутністю акцентування уваги авіадиспетчера на процесі прийняття рішень, і як наслідок, помилок на його робочому місці. Огляд методів оцінювання авіаційних фахівців дозволяє зробити висновок, що одним з найбільш важливих завдань, для вдосконалення тренажерної підготовки, є робота в напрямку автоматизації процесу контролю знань, навичок і умінь авіадиспетчера, яка дозволяє прибрати суб'єктивність оцінювання інструкторським складом (інструкторами, експертами, викладачами, псевдо-пілотами), а також – ефективно розвивати таку важливу складову підготовки, як самостійна.

Дослідження систем автоматизованого оцінювання оператора динамічних систем показало, що для реалізації режимів навчання, і як наслідок, автоматизованого контролю в навчальних системах, необхідна реалізація еталонної моделі суб'єкта навчання. Відповідно до огляду існуючих методів формування еталонних моделей, дана модель повинна включати перелік еталонних технологічних операцій (ТО), порядок їхньої реалізації, а також референсні значення часу, який витрачається на виконання конкретних дій, що дозволяє проводити об'єктивне оцінювання на основі якісних і кількісних показників його операторської діяльності, а також реалізувати індивідуальну траєкторію навчання.

У **другому розділі** представлено технологічний аудит професійної діяльності диспетчера АДВ, який дозволив зробити висновок, що предметна область є добре документованою і середньо структурованою. Дані, отримані на основі інтерв'ювання та анкетування, є вельми наближеними, і вони не можуть бути використані для адекватного представлення моделі поведінки диспетчера АДВ та формування еталонної моделі суб'єкта навчання, яка відповідала би реальній системі. В результаті цього, запропоновано вдосконалення методу вилучення знань з предметної області за рахунок використання комбінованого методу хронометражу, що складається з двох складових (спосіб хронометражу з використанням контрольно-записуючої апаратури і хронометраж способом безпосереднього спостереження). Перша складова дає можливість фіксувати тільки аферентні оператори (отримання й передача команд і т.д.), друга – отримати як аферентні, так і еферентні оператори (натискання кнопок, представлення команд і т.ін.), але при цьому часові показники операцій є менш точними, ніж в першому випадку.

Результат технологічного аудиту предметної області, а саме вивчення робочих інструкцій діяльності диспетчера АДВ, та уніфіковані дані двох складових комбінованого методу хронометражу дозволили більш поглиблено провести вилучення знань із предметної області та виконати декомпозицію ТО

до рівня елементарних (неподільних) операцій, іншими словами, найбільш повно їх деталізувати.

Фрагмент отриманої деталізації представлено на рисунку 1, він складається з наступних елементів:

- прямокутник із суцільною лінією контуру – ТО, що мають характер еферентного оператора (білі – виявлені в Запорізькій службі обслуговування повітряного руху, сірі – в Дніпровському регіональному структурного підрозділу Украероруха);

- прямокутник із пунктирною лінією контуру – ТО, що мають характер аферентного оператора (білі – виявлені в Запорізькій службі обслуговування повітряного руху, сірі – в Дніпровському регіональному структурного підрозділу Украероруха).

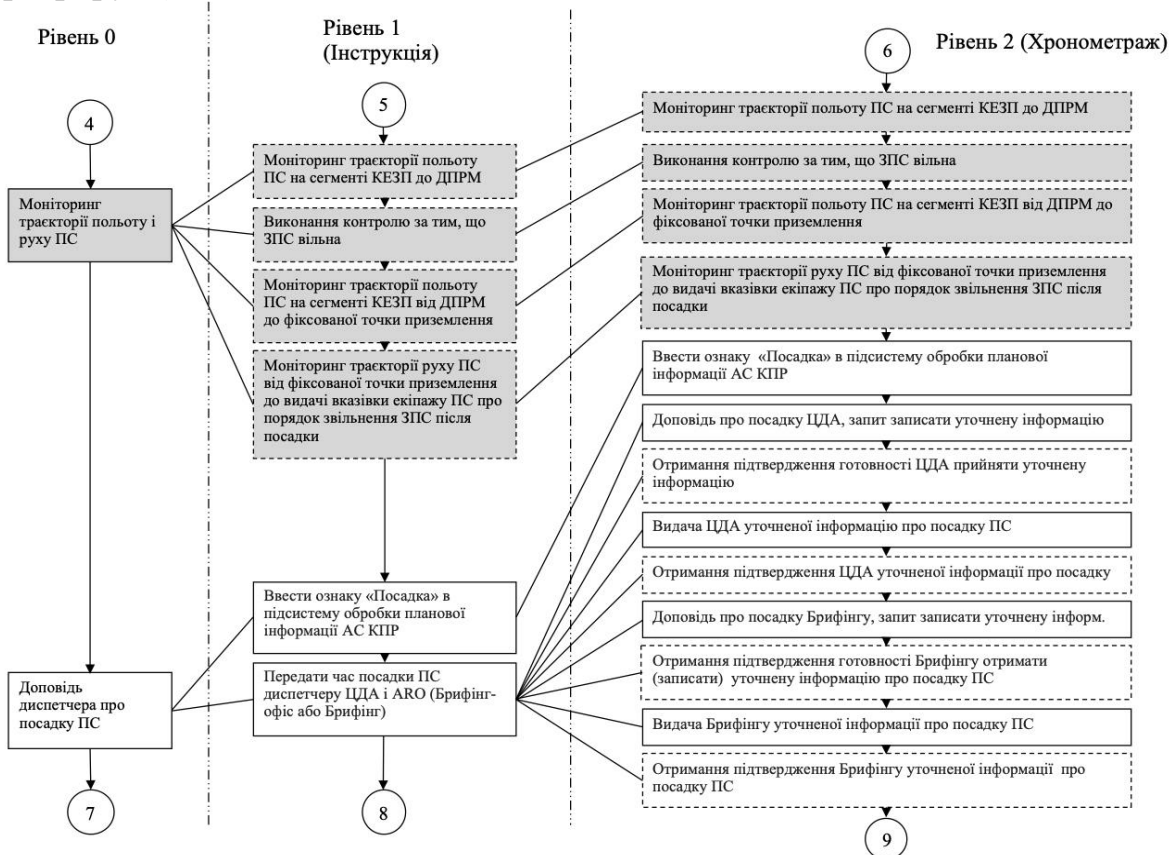


Рисунок 1 – Фрагмент трирівневої деталізації (декомпозиції) процедур, що виконуються авіадиспетчером АДВ

Окрім цього, хронометраж з використанням контрольно-записувальної апаратури, дав можливість визначити тривалість дій (операцій), тривалість пауз між окремими операціями та, як результат, здійснити оцінку часових характеристик кожної отриманої ТО та виявити закономірності діяльності диспетчера управління повітряним рухом АДВ у системі навігаційного обслуговування та управління рухом на етапі заходу на посадку.

Оцінка часових показників ТО диспетчера АДВ дала можливість умовно виділити три групи операцій, які: можна описати середніми значеннями часу;

можна описати за допомогою нормального закону розподілу; можна описати іншими законами розподілу.

За результатом використання методу описової статистики, до першої групи ТО, як детермінованих, час виконання яких становить 1 с можна віднести:

- Перший зв'язок із диспетчером Брифінг-офісу – виклик;
- Перший зв'язок із диспетчером Брифінг-офісу – відповідь;
- Підтвердження інформації про виліт ПС з іншого аеродрому;
- Перший зв'язок із центральним диспетчером аеродрому (ЦДА) – виклик;
- Перший зв'язок із ЦДА – відповідь;
- Перший зв'язок із диспетчером Підходу – виклик;
- Перший зв'язок із диспетчером Підходу – відповідь;
- Доповідь про посадку службам/запит у служб готовність записати уточнену інформацію;
- Підтвердження готовності служб прийняти уточнену інформацію.

Описова статистика дозволила також зробити висновки про те, що час виконання певної частини (другої групи) ТО має нормальний розподіл. До даної групи відносяться наступні:

- Видача інструкції зі звільнення злітно-посадкової смуги;
- Видача уточненої інформації про посадку ПС;
- Доповідь екіпажем про звільнення злітно-посадкової смуги.

І нарешті, третя група ТО – це операції, які не увійшли в першу й другу групи. Для визначення закону розподілу часу їхнього виконання проводилася перевірка узгодженості гіпотези про відповідність емпіричних розподілів теоретичним законам розподілів. В результаті цього отримано перелік законів розподілу часових характеристик ТО, які були зведені в загальну таблицю 1.

Визначення часових показників щодо детермінованої або ймовірнісної оцінок для ТО, таких як: час польоту ПС з іншого аеродрому; моніторинг траєкторії польоту ПС до точки дотику; контроль за рулінням ПС в процесі звільнення злітно-посадкової смуги; контроль за рулінням ПС у процесі руління до стоянки, є недоцільним, бо час їхнього виконання залежить від льотно-технічних характеристик конкретного типу ПС, тобто від вхідних параметрів системи.

Технологічна операція «Передача ПС від диспетчера Підходу» являє собою час, що витрачається екіпажем для зміни частоти диспетчерського пункту Підходу на частоту диспетчера АДВ і підготовки ПС до виконання кінцевого етапу заходу на посадку. Для диспетчера АДВ цей час характеризується інтервалом від моменту проходження точки входу в глісаду зниження (найчастіше дорівнює віддаленню 20 км) й першого радіотелефонного зв'язку із диспетчером АДВ (рис. 2).

Для визначення даного параметра були зібрані та проаналізовані дані, що описують поведінку ПС від точки приземлення в момент першого зв'язку з диспетчером АДВ. Відстань вимірювалася в кілометрах. Результати аналізу отриманої вибірки з використанням описової статистики наступні: середнє = 17,76125; стандартна помилка = 0,261830785; медіана = 17,8; мода = 18;

стандартне відхилення = 2,341885735; дисперсія вибірки = 5,484428797; ексцес = 0,177667906; асиметричність = 0,289138532; інтервал = 11,5; мінімум = 12,8; максимум = 24,3; рахунок = 80. Таким чином, відстань, на якій екіпаж ПС виходить на зв'язок із диспетчером вишки, можна описати нормальним законом розподілу зі значенням середнього, що дорівнює 17,76125 км.

Таблиця 1

Закони розподілу часу характеристик технологічних операцій

Технологічна операція	Закони розподілу
Отримання інформації про виліт ПС з іншого аеродрому	Рівномірний
Запит стоянки для ПС, що прибуває	Експоненціальний
Підтвердження інформації про ПС, що прибуває	
Отримання інформації про стоянку для ПС, що прибуває	
Підтвердження службами уточненої інформації, щодо посадки ПС	Експоненціальний (апроксимація)
Видача дозволу на посадку	Логнормальний
Доповідь екіпажу ПС «на стоянці й кінець зв'язку»	
Підтвердження «кінця зв'язку»	
Отримання інформації про ПС, що прибуває	Логнормальний (апроксимація)
Доповідь про готовність до посадки від екіпажу ПС	
Видача інструкцій екіпажу ПС щодо зарулювання	
Доповідь екіпажем ПС щодо виконання посадки	Хі-квадрат
Підтвердження екіпажем інструкції зі звільнення злітно-посадкової смуги	
Підтвердження інструкції по зарулюванню	
Підтвердження інформації про стоянку для ПС, що прибуває	χ^2 -квадрат (апроксимація)
Підтвердження дозволу на посадку від екіпажу ПС	Гамма (апроксимація)

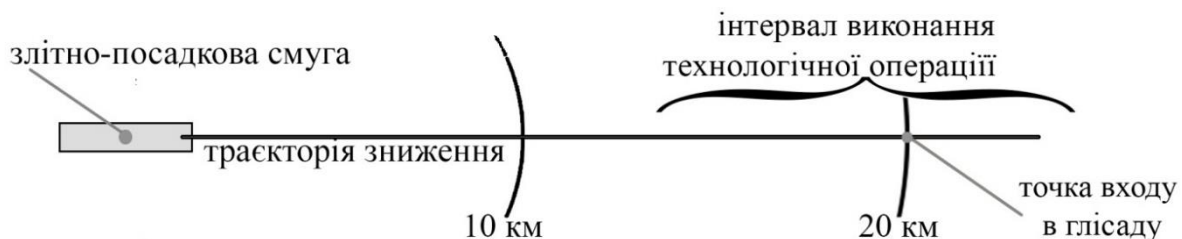


Рисунок 2 – Інтервал виконання технологічної операції «Передача ПС від диспетчера Підходу»

Також було виявлено, що при хороших метеорологічних умовах технологічна операція «Доповідь екіпажем ПС, щодо виконання посадки» здійснювалася лише 13 разів із 212 випадків, тобто 6 % екіпажів інформують

диспетчера АДВ про те, що посадку на смугу проведено. Обґрунтовується це тим, що часто диспетчер АДВ, ведучи моніторинг за ПС на пробігу, ініціює технологічну операцію «Видача інструкції зі звільнення злітно-посадкової смуги». Середнє значення швидкості руху ПС в момент доповіді «Посадку виконано» становило 47 вузлів (87 км/год).

Спосіб хронометражу з використанням контрольно-записувальної апаратури, також дозволив визначити час затримки відповіді при комунікації диспетчера АДВ з екіпажем ПС та іншими службами. Затримка відповіді – це час між видачою «запиту» й відповіддю між абонентами. Результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Перелік законів розподілу часу затримки відповіді при комунікації диспетчера АДВ з іншими абонентами

Абонент	Закон розподілу	χ^2 -квадрат тест	Ймовірність p	Функція гістограми розподілу
Екіпаж ПС	Експоненціальний	0,00353	0,95259	$Y=100 \cdot \text{Expon}(x; 1,269)$
ЦДА	χ^2 -квадрат	0,02030	0,88670	$Y=100 \cdot \text{Chi2}(x; 0,6747)$
Диспетчер брифінг-офісу	χ^2 -квадрат	0,15369	0,69503	$Y=100 \cdot \text{Chi2}(x; 0,699)$
Диспетчер Підходу	χ^2 -квадрат	0,22389	0,63610	$Y=100 \cdot \text{Chi2}(x; 0,403)$
Наземний транспорт	Експоненціальний	0,26621	0,60589	$Y=100 \cdot \text{Expon}(x; 1,383)$
Метеослужба	Експоненціальний	0,30076	0,58341	$Y=60 \cdot \text{Expon}(x; 1,101)$
Змінний інженер	χ^2 -квадрат	0,79686	0,37204	$Y=50 \cdot \text{Chi2}(x; 0,704)$

В процесі роботи диспетчер АДВ виконує функції «людини-оператора» – отримує та передає інформацію для забезпечення безпечного управління повітряним рухом за допомогою використання каналів передачі даних. Відтворення й відображення інформації відбувається візуально, за допомогою дисплеїв та індикаторів, і/або акустично, з використанням електродинамічних гучномовців. Тобто, ми можемо говорити про інформаційні потоки, де канали зв'язку – закономірності циркуляції цієї інформації.

Аналіз робочого місця диспетчера АДВ надав можливість виявити всі акустичні (А) та візуальні (В) інформаційні потоки, що проходять через нього, а також засоби, які забезпечують їхнє отримання/передачу.

На основі робочої інструкції диспетчера АДВ, аналізу його робочого місця, а також проведення комбінованого метода хронометражу його професійної діяльності, розроблено *модель циркуляції інформаційних потоків на робочому*

місці диспетчера АДВ при управлінні ПС, що прибуває. Модель відображає потоки інформації, якими диспетчер АДВ оперує при виконанні конкретної технологічної операції. Модель відображає: технологічні операції (які мають характер як еферентних, так і аферентних операторів), виявлені інформаційні потоки та канали зв'язку (постійного та непостійного характеру) у вигляді закономірностей інформаційних потоків.

Таким чином, дослідження предметної області з використанням традиційних методів вилучення знань та комбінованого метода хронометражу дозволяють провести детальну до рівня елементарної операції декомпозицію досліджуваного нами процесу, отримати набори даних щодо часу виконання кожної з деталізованих технологічних операцій, виділити аферентні і еферентні оператори професійної діяльності диспетчера АДВ, тим самим провести структурний аналіз і надалі виконати синтез даної динамічної складної системи й процесів у ній.

У **третьому розділі** представлено синтез алгоритму дій диспетчера АДВ при обслуговуванні ПС, що прибуває в район аеродрому з метою виконання посадки на основі виявленого на попередньому етапі деталізованого переліку технологічних операцій. Алгоритм дій представлено у найбільш наочному виді – графічному. В алгоритмі також вказані ймовірності переходу від одного функціонального блоку до іншого або повторне їхнє виконання, якщо ймовірність спрацьовування не дорівнює 1(одиниці).

Умовно цей алгоритм розділений на наступні процедури:

1. Процедура «1-1'» – передача диспетчером Брифінг-офісу інформації про виліт ПС з іншого аеродрому.

2. Процедура «2-2'» – передача диспетчером Підходу інформації про ПС, що прибуває.

3. Процедура «3-3'» – кінцевий етап заходу на посадку ПС. Тривалість цього етапу залежить безпосередньо від льотно-технічних характеристик ПС.

4. Процедура «4-4'» – звільнення злітно-посадкової смуги після посадки та руління ПС до його стоянки.

5. Процедура «5-5'» – передача інформації диспетчеру Брифінг-офісу щодо фактичного часу (UTC) посадки ПС. Особливістю даної процедури є те, що можливим початком її виконання є початок попередньої процедури «4-4'», іншими словами, ці процедури можуть виконуватися паралельно. Закінчення процедури обмежується регламентованим проміжком часу (5 хвилин), за який повинна бути відправлена посадкова телеграма зацікавленим органам.

6. Процедура «6-6'» – запит/отримання інформації від центрального диспетчера аеродрому про стоянку для ПС, що прибуває. Початок процедури настає з моменту надходження інформації про виліт цього повітряного судна з іншого аеродрому і закінчується на етапі видачі інструкції по зарулюванню. Тобто, дана процедура є паралельним процесом для процедур «2-2'», «3-3'» і частини процедури «4-4'».

Також в цьому розділі проведено розрахунок часових характеристик за допомогою методу критичного шляху GERT-мереж окремих процедур диспетчера

АДВ, параметри часу виконання яких можна описати детермінованими та ймовірнісними показниками. В результаті були отримані значення середнього та середньоквадратичне відхилення для процедур «1-1'», «2-2'», «5-5'» та «6-6'» які представлені у таблиці 4.

Так само було виявлено, що при визначенні параметрів розподілу для процедур з наявністю блоків з розрахунково-залежними складовими (блок з розрахунком параметрів льотно-технічних характеристик повітряних суден), які неможливо описати детермінованими або стохастичними показниками, використання GERT-мереж не доцільно. Для даних процедур найбільш придатним методом виявлення параметрів є проведення імітаційного моделювання.

Таблиця 4

Часові характеристики окремих процедур АДВ отримані в результаті використання методу критичного шляху GERT-мереж

Процедура	Середнє	Стандартне відхилення
«1-1'»	8,34	2,75
«2-2'»	8,70	2,82
«5-5'»	7,85	3,07
«6-6'»	9,04	4,87

Проведений аналіз існуючих програм дозволив зробити вибір засобу для реалізації імітаційного моделювання як окремих процедур алгоритму, так і еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи в цілому. Вибір заснований на тому, що програмне середовище AnyDynamics володіє всіма необхідними специфікаціями для реалізації поставлених цілей.

Для імітаційного моделювання як окремих процедур алгоритму, так і еталонної моделі суб'єкта навчання, а також подальшої перевірки її адекватності, вдосконалено метод моделювання потоку ПС за рахунок імплементації моделі генерації його випадкових елементів. За допомогою функції генерації чисел *uniform* програмного середовища AnyDynamics генерація даних елемента потоку проводилася за наступними складовими: вибір авіакомпанії; вибір типу ПС; вибір напрямку (аеродром призначення/вильоту).

Диверсифікація льотно-технічних характеристик ПС в результаті багаторазового прогону імітаційної моделі, показала, що модель генерації випадкових елементів потоку, окрім забезпечення системи вхідними даними, в достатній мірі та наближено до реальних умов впливає як на час виконання деяких процедур авіадиспетчера, так і процес прийняття рішень ним в цілому.

У **четвертому розділі** описано побудову еталонного процесу прийняття рішень на робочому місці диспетчера АДВ при обслуговуванні ПС, що прибувають, за рахунок використання програмного середовища AnyDynamics. Структурну схему даної моделі представлено на рисунку 4. Схема складається з екземплярів (або об'єктів) класів і зв'язків між ними. Екземпляри мають певні

стани та поведінку, також мають певні властивості та операції, що здійснюються над ними (методи).

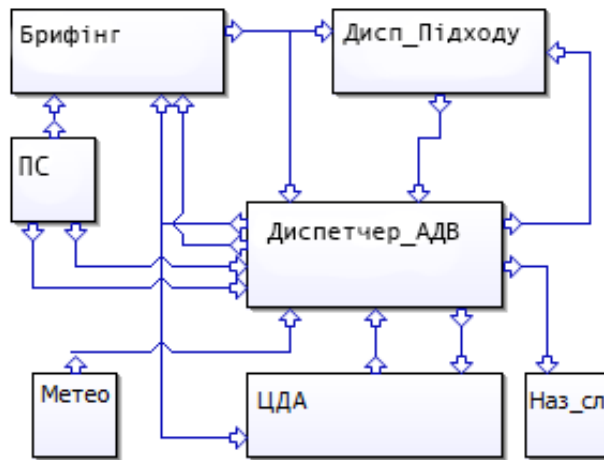


Рисунок 4 – Структурна схема еталонної моделі суб'єкта навчання

Перевірка адекватності отриманої імітаційної еталонної моделі при обслуговуванні ПС, що прибуває, з боку якісного критерію, здійснювалася як на етапі побудови формалізованої схеми процесу (алгоритм дій диспетчера АДВ), так і на етапі її комп'ютерної реалізації (при функціонуванні динамічної моделі в діалоговому вікні формується логічний та процедурно вірний радіообмін між абонентами й авіадиспетчером).

Щодо кількісних показників перевірка адекватності проводилась з використанням формальних статистичних критеріїв. Параметричний метод порівняння кількісних даних в двох незалежних групах – t-критерій Стьюдента застосовувався для перевірки часових показників процедур, розподіл даних яких можна віднести до нормального закону. На підставі отриманих результатів (табл. 5) з високим ступенем ймовірності можна говорити про те, що відмінності між імітаційною моделлю та реальними даними не значимі, що свідчить про адекватність реальній системі кількісної складової отриманої моделі та її стійкості.

Що ж стосується Процедур «3-3'», «4-4'», то застосування до них t-критерію Стьюдента є недоцільним в силу того, що їхні часові характеристики не потрапляють під нормальний розподіл. У цьому випадку стає можливим використання U-критерію Манна-Уїтні. Перевірка двох незалежних груп даних – моделі та реальної системи (табл. 6) для Процедур «3-3'» та «4-4'» при різній кількості часових характеристик (15 та 20 значень) показала, що відмінності рівня ознаки в них статистично не значимі ($p > 0,05$), що свідчить про адекватність та достатню стійкість моделі.

Для здійснення верифікації з використанням альтернативного математичного методу розроблено модель того ж об'єкта (його частин) методом критичного шляху GERT-мережі. Порівняння статистичних параметрів середнього та стандартного відхилення часових характеристик процедур із трьох

джерел – імітаційної моделі, хронометражу та GERT-мережі показало, що відмінність цих показників коливається в межах однієї секунди.

Таблиця 5

Результати розрахунків по t-критерію Стьюдента

Процедура	Розраховане значення t-критерію Стьюдента	Критичне значення t-критерію Стьюдента	Число ступенів свободи	Висновок щодо статистичної значущості
«1-1'»	0,21	1,995	69	Відмінності не значимі (P=0,830419)
«2-2'»	0,94	1,984	105	Відмінності не значимі (P=0,347964)
«5-5'»	1,17	1,98	123	Відмінності не значимі (P=0,246098)
«6-6'»	0,21	1,99	82	Відмінності не значимі (P=0,837865)

Таблиця 6

Результати розрахунків за U-критерієм Манна-Уїтні

Процедура	Кількість значень у вибірках	Значення U-критерію	Критичне значення U-критерію при заданій чисельності	Висновок про статистичну значущість відмінностей (відмінності рівня ознаки в групах, що порівнюються)
«3-3'»	15	72	64	$72 > 64$ – статистично не значимі
	20	170	127	$170 > 127$ – статистично не значимі
«4-4'»	15	65	64	$65 > 64$ – статистично не значимі
	20	159	127	$159 > 127$ – статистично не значимі

За результатами перевірки адекватності імітаційної еталонної моделі та її верифікації, можна стверджувати, що модель є адекватною і в достатній мірі відображає реальну систему, що виключає необхідність її коригування.

Проведені в дисертаційній роботі дослідження дозволяють синтезувати метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання, який умовно можна розділити на чотири наступні етапи:

Збір та вилучення знань (I етап). Етап де на основі аналізу проблемної області виявляються використовувані поняття та їхні взаємозв'язки, визначаються способи вирішення завдань з використанням різних класичних текстологічних та комунікативних методів, а саме:

- вивчення документації, що регламентує професійну діяльність людини оператора;
- анкетування/інтерв'ювання діючих операторів;
- хронометраж професійної діяльності людини-оператора.

Для отримання більш детального опису професійної діяльності людини-оператора пропонується використання комбінованого метода хронометражу.

Етап *аналізу та структурування виявлених даних* (II етап) являє собою неформальний опис знань про предметну область у вигляді графа, таблиці, діаграми або тексту, які відображають основні концепції і взаємозв'язки між поняттями предметної області. На основі результатів попереднього етапу формування еталонної моделі суб'єкта навчання, виявляються наступні дані:

1. Вивчення документації, що регламентує професійну діяльність людини-оператора, проведення інтерв'ювання та анкетування – дозволяє визначити початковий перелік технологічних операцій, що виконуються оператором у процесі його роботи.

2. Метод комбінованого хронометражу, в свою чергу, дає можливість:

- провести детальну до рівня елементарної операції декомпозицію досліджуваного процесу;
- отримати набори даних, щодо часу виконання кожної із деталізованих технологічних операцій, а також провести їхній статистичний аналіз;
- уніфікувати отримані технологічні операції;
- виділити аферентні й еферентні оператори професійної діяльності фахівця.

Виявлення закономірностей та формалізація отриманих моделей (III етап) – етап, який передбачає подання отриманого масиву даних у вигляді таблиць, графів, формул, рівнянь та описів отриманих моделей системи.

На даному етапі, оперуючи даними, отриманими в результаті аналізу та структурування:

- виявляються закономірності часових характеристик технологічних операцій, а також час затримки (пауз) відповіді між ними;
- виявляються закономірності циркуляції інформаційних потоків;
- деталізується й формується порядок виконання технологічних операцій;
- формується модель циркуляції інформаційних потоків на робочому місці людини-оператора.

На основі перелічених вище елементів формується еталонна модель суб'єкта навчання для інтелектуальної навчальної системи. Отримані закономірності сприяють реалізації стохастичності й динамічності моделі тим самим розширюючи її функціональність і різноманітність щодо вирішуваних завдань.

Завершальним етапом є *аналіз отриманих результатів* (IV етап), який передбачає перевірку адекватності отриманої моделі з використанням методу імітаційного моделювання.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання, що полягає у розробці методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання на основі виявлення закономірностей діяльності авіадиспетчера. При цьому отримано такі результати:

1. Аналіз тренажерної підготовки та діяльності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки показав, що:

- на даний момент відсутні тренажери для відпрацювання часткових завдань для диспетчерів управління повітряним рухом аеродромної диспетчерської вишки, які дозволили б здійснювати індивідуальну дотренажерну підготовку;

- огляд методів оцінювання авіаційних фахівців дозволив зробити висновок, що одним з найбільш важливих завдань є робота в напрямку автоматизації процесу контролю знань, навичок та умінь авіадиспетчера, яка дозволяє прибрати суб'єктивність оцінювання інструкторським складом (інструкторами, експертами, викладачами, псевдо-пілотами) тренажерних центрів;

- аналіз засобів автоматизованого оцінювання оператора динамічних систем показав, що для реалізації режимів навчання і, як наслідок, автоматизованого контролю в навчальних системах необхідна реалізація так званої еталонної моделі суб'єкта навчання.

2. Вдосконалено метод вилучення знань предметної області шляхом впровадження комбінованого метода хронометражу діяльності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки, який дозволив деталізувати й надалі провести уніфікацію технологічних операцій даного фахівця, оцінити часові характеристики, та отримати закономірності його професійної діяльності.

3. Розроблено модель циркуляції інформаційних потоків на робочому місці диспетчера аеродромної диспетчерської вишки, яка дозволяє виділити аферентні й еферентні оператори та описати різноманітність елементів, що беруть участь при виконанні кожної технологічної операції в еталонній моделі суб'єкта навчання.

4. Проведено оцінку адекватності отриманої еталонної моделі шляхом використання формальних статистичних критеріїв (t-критерія Стюдента та U-критерія Манна-Уїтні) та її пряму верифікацію. Верифікація проводилась за допомогою порівняння статистичних показників реальної системи, імітаційної моделі та альтернативного математичного методу – GERT-мереж. Результати перевірки адекватності та верифікації свідчать про дієвість та цілісність методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower».

5. Мету дисертаційного дослідження, що полягає у розробці методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower», яка базується на виявлених закономірностях діяльності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки, досягнуто та всі поставлені цілі вирішені повністю.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Джума Л.М., Дмитрієв О.М., **Лавриненко О.С.**, Сорока М.Ю. Метод вилучення знань про професійну діяльність диспетчера аеродромної диспетчерської вишки з використанням комбінованого метода хронометражу.

Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2021. Вип 44, № 3. С. 48-58. DOI: 10.30748/nitps.2021.44.06

2. Dzhuma L., Dmitriiev O., **Lavrynenko O.**, Soroka M. Revealing the regularities related to the professional activities of the air traffic controller of airport traffic control tower. *Technology Audit and Production Reserves*. 2021. Iss. 3, № 2(59). pp. 29-40. DOI:10.15587/2706-5448.2021.235456

3. Dzhuma, L., **Lavrynenko O.** Reaviling the distribution regularities of the procedure execution time of the algorithm of tower controller`s actions using GERT networks. *Scientific Journal of Polonia University*, Iss. 45, №. 2. 2021, pp. 294-308. DOI:10.23856/4535

4. **Лавриненко О. С.** Вдосконалення методу моделювання потоку повітряних суден за рахунок імплементації моделі генерації його випадкових елементів. *Вісник ПДТУ. Серія: Технічні науки*. 2021. №42. С. 165-173. DOI: 10.31498/2225-6733.42.2021.240687

5. Джума Л.М., Дмитрієв О.М., **Лавриненко О.С.**, Сорока М.Ю. Метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower». *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2021. Вип. 172, №4. С. 87-96. DOI:10.32620/akt.2021.4.12

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Dzhuma L., **Lavrynenko O.** Development and implementation of intellectual interface into the prototype of training system «Tower controller». *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 листоп. 2013 р. Кіровоград: КЛА НАУ, 2013. С. 71.

7. **Лавриненко А.С.** Разработка интеллектуального интерфейса для прототипа обучающей системы “Диспетчер TWR”. *Проблеми навігації і управління рухом*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 18-20 листоп. 2013 р. Київ: НАУ, 2013. С. 30.

8. **Лавриненко А.С.** Интеллектуальные обучающие системы. *Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи*: матеріали XXXIV Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів, яка присвячена Всесвітньому Дню авіації і космонавтики. Ч. 1, 10 квіт. 2014 р. Кіровоград: КЛА НАУ, 2014. С.129-131.

9. **Лавриненко А.С.** Оценивание практических навыков авиадиспетчеров. *Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи*: матеріали XXXV Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів, яка присвячена Всесвітньому Дню авіації і космонавтики. Ч. 1, 9 квіт. 2015 р. Кіровоград: КЛА НАУ, 2015. С.116-117.

10. **Лавриненко А.С.** Модель обучаемого как базовый компонент интеллектуальной обучающей системы. *Політ. Сучасні проблеми науки*: матеріали XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 8-9 квіт. 2015 р. Київ: НАУ, 2015. С. 66.

11. **Lavrynenko O.** The control process automation of air traffic controller's knowledge. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: матеріали п'ятої Міжнар. наук.-техн. конф., 10-11 квіт. 2015 р. Полтава: ПНТУ; Баку: ВА ЗС АР; Кіровоград: КЛА НАУ; Харків: ДП «ХНДІ ТМ», 2015. С. 4.

12. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Автоматизация процесса контроля знаний авиадиспетчеров. *Проблеми інформатизації*: матеріали третьої Міжнар. наук.-техн. конф., 13-14 квіт. 2015 р. Київ: ДУТ, НТУ; Полтава: ПНТУ; Катовіце: КЕУ; Париж: Університет Париж VII Венсент-Сен-Дені; Орел: ФГБОУ ВПО ГУУНПК; Харків: ХНДІТМ, 2015. С. 5.

13. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Детализация технологических операций диспетчера АДВ с использованием метода хронометража. *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листоп. 2015 р. Кіровоград: КЛА НАУ, 2015. С.195-196.

14. **Лавриненко А.С.** Унификация технологических операций деятельности авиадиспетчера при разработке эталонной модели субъекта обучения. *Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи*: матеріали XXXVI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів, яка присвячена Всесвітньому Дню авіації і космонавтики, Ч. 1., 12 квіт. 2016 р. Кіровоград: КЛА НАУ, 2016. С. 201-202.

15. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Выявление закономерностей циркуляции информационных потоков на рабочем месте диспетчера аэродромной диспетчерской вышки Tower. *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем*: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., 24-25 листоп. 2016 р. Кропивницький: КЛА НАУ, 2016. С 94-96.

16. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Программные средства имитационного моделирования. *Комбінаторні конфігурації та їх застосування*: матеріали 19-го Міжнар. наук.-практ. семінару присвяченого пам'яті д.ф.-м.н., професора Петренюка Анатолія Яковича (Кропивницький, 7-8 квіт. 2017 р.) / За ред. Г.П. Донець – Кропивницький, 2017. С.30-34.

17. **Лавриненко А.С.** Имитационное моделирование как метод определения эффективности эталонной модели субъекта обучения. *Авіація і космонавтика: стан, досягнення і перспективи*: матеріали XXXVII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів, яка присвячена Всесвітньому Дню авіації і космонавтики, Ч. 1., 12 квіт. 2017 р. Кропивницький: КЛА НАУ, 2017. С. 230-231

18. **Лавриненко А.С.,** Джума Л.Н. Выявление закономерностей для создания эталонной модели субъекта обучения. *Системи та засоби штучного інтелекту*: тези доповідей Міжнар. наук. молодіжної школи. 18 жовт. 2017 р. Київ: ІППШ «Наука і освіта», 2017. С.118-121

19. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Анализ структуры тренажерной подготовки при подготовке специалистов управления воздушным движением.

Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., 23-24 листоп. 2017 р. Кропивницький: КЛА НАУ, 2017. С 88-91.

20. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Генерация случайных данных класса «Воздушное судно» интеллектуальной обучающей системы «Диспетчер Tower». *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький: КЛА НАУ, 2018. С 182-184.

21. Джума Л.Н., **Лавриненко А.С.** Использование условных разрешений диспетчера АДВ в интеллектуальной обучающей системе «Диспетчер Tower». *Комбінаторні конфігурації та їх застосування*: матеріали 21-го Міжнар. наук.-практ. семінару імені А.Я. Петренюка (Кропивницький, 17-18 травня 2019 року) / За ред. Г.П. Донець – Кропивницький, 2019. С. 49-52.

22. Dzhuma L., Dmitriiev O., **Lavrynenko O.**, Soroka M. Adequacy verification of the of the simulation reference model of the decision-making process in the Tower controller workplace. *International Scientific and Practical Conference «Intellectual Systems and Information Technologies»*: Conference Proceedings. Odesa: Odessa State Environmental University, 2021. pp. 354 - 362.

АНОТАЦІЯ

Лавриненко О.С. Метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання на основі виявлення закономірностей діяльності авіадиспетчера. – 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, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі, пов'язаної з необхідністю розробки методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи за рахунок виявлення закономірностей професійної діяльності диспетчера управління повітряним рухом аеродромної диспетчерською вишки.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи полягає в наступному: вперше з метою використання в процесі проектування інтелектуальних навчальних систем розроблений метод формування (синтезу) еталонної моделі суб'єкта навчання для класу мовно-алгебраїчних систем, таких як безперервно-дискретні стохастичні динамічні системи управління зі змішаною структурою, основним елементом управління в яких є людина-оператор та якими є системи навігаційного обслуговування; вперше виявлені закономірності діяльності диспетчера управління повітряним рухом аеродромної диспетчерської вишки в системі навігаційного обслуговування та управління рухом на етапі заходу на посадку. На підставі виявлених закономірностей досліджено інформаційні потоки в системі навігаційного обслуговування та управління рухом на етапі заходу на посадку повітряного судна і вперше розроблено модель інформаційних потоків на робочому місці диспетчера

аеродромної диспетчерської вишки, яка з гранично високим ступенем деталізації описує циркуляцію інформації для кожної конкретної технологічної операції. Також розроблена модель відображає засоби та методи відтворення або подання інформації, необхідної для прийняття оператором рішень при виконанні цих операцій.

Ключові слова: диспетчер управління повітряним рухом, аеродромна диспетчерська вишка, метод, еталонна модель, інтелектуальна навчальна система.

ANNOTATION

Lavrynenko O. Method for forming a trainee reference model based on revealing regularities of the professional activities of an air traffic controller. – Manuscript.

Dissertation for a candidate of technical sciences degree in specialty 05.22.13 "Navigation and traffic control". – Flight Academy of the National Aviation University. Kropivnitsky, 2021.

The dissertation is devoted to solving actual scientific problem related to the need to develop the method for forming a trainee reference model of an intelligent training system by revealing the regularities related to the professional activities of the air traffic controller of airport traffic control tower.

The scientific novelty of the dissertation results is following: 1. For the first time, in order to use in the design process of intelligent training systems, a method has been developed for the formation (synthesis) of a trainee reference model for a class of linguistic-algebraic systems, such as continuous-discrete stochastic dynamic control systems with a mixed structure, the main control element in which is a human operator and what are the navigation service systems. 2. For the first time, the regularities of the activity of the air traffic controller of airport traffic control tower in the navigation service and traffic control system at the approach stage have been revealed. 3. On the basis of the revealed regularities, the information flows in the navigation service and traffic control system at the aircraft approach stage were investigated and for the first time a model of information flows at the workplace of the air traffic controller of airport traffic control tower was developed, which describes the circulation of information for each specific technological operation with an extremely high degree of detail. Also, the developed model reflects the means and methods of reproducing or providing information necessary for the operator to make decisions when performing these operations. 4. The method of extracting knowledge of the subject area has been improved through the use of the combined method of timing the human operator activity, which allows obtaining an information array of more accurate time characteristics of technological operations performed at the workplace, as well as identifying afferent and efferent operators of the professional activity of a human operator, the most to carry out structural analysis and synthesis of a dynamic complex system and processes in it.

Keywords: air traffic controller, airport traffic control tower, method, reference model, intelligent training system.