

УДК 656.7.02.07

**В. М. НЕДІЛЬКО, А. С. ПАЛЬОНІЙ, К. Ю. СУРКОВ**

*Кіровоградська льотна академія національного авіаційного університету, Україна*

## **ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ АДАПТИВНОЇ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ**

*Подано результати аналізу адаптивних навчальних систем. Проаналізовано понятійний апарат адаптивного підходу до навчання, розглянуто поняття адаптивності та індивідуальних стратегій діяльності. Обґрунтовано доцільність та актуальність вдосконалення системи тренажерної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом за рахунок використання індивідуалізації та адаптивних процесів. Розглянуто методи та моделі в загальних дослідженнях щодо адаптивного навчання, дослідженнях щодо адаптивного навчання авіаційних операторів, зокрема в дослідженнях стосовно тренажерної підготовки авіадиспетчерів. Сформульовано задачі для подальшого дослідження можливості вдосконалення тренажерної підготовки авіадиспетчерів.*

**Ключові слова:** авіадиспетчер, адаптивні навчальні системи, індивідуалізація навчання.

### **Вступ**

У зв'язку з ростом обсягу авіаперевезень та впровадженням нових технологій і техніки істотно збільшується завантаження та вимоги до авіаційного персоналу, зокрема до авіадиспетчерів. Підтримка та забезпечення високого рівня безпеки та ефективності польотів є одним з пріоритетних завдань авіації, що багато в чому залежить від авіадиспетчера, який є ключовим елементом системи управління повітряним рухом (УПР).

В професійні обов'язки диспетчерів УПР входить велика кількість завдань і функцій, які необхідно виконати швидко, впевнено і з необхідною точністю. Професійна діяльність авіадиспетчера є складним видом діяльності та відноситься до операторської. Основним видом професійної підготовки фахівців операторського профілю є тренажерна підготовка.

Використання адаптивних навчальних систем (АНС) – сучасна тенденція вдосконалення навчальної діяльності. Однією з головних проблем традиційних досліджень в сфері інтелектуальних навчальних систем є проблема моделювання знань та розуміння студентів. Так, у випадку неправильної відповіді існує величезна кількість варіантів зробити помилку, і кожен з них надає різну інформацію про помилкові уявлення користувача, їх джерела та характер. Актуальність цієї проблеми призвела до розробки декількох різних системних підходів до адаптивного навчання (Nwana, 1990; Anderson, 1990). Деякі з найвпливовіших з них включають в себе методи штучного інтелекту, підхід до когнітивного моделювання (Anderson, 1996) та підхід до обробки

природної мови (Carbonell, 1970), формування простору абстрактних знань (Doignon and Falmagne, 1999). Незважаючи на важливість цих кроків у розробці сучасних інтелектуальних систем навчання, жодна з них не була розроблена з метою надати переваги адаптивному навчанню та його поширенню для підготовки якомога більшої кількості студентів у відповідних галузях знань.

Дослідження вітчизняних, іноземних науковців та ІТ-компаній щодо реалізації адаптивного навчання з врахуванням індивідуальних особливостей користувача, можна умовно поділити на дві групи:

- загальні дослідження щодо адаптивного навчання (О. М. Гайтан, А. С. Довбиш, Р. П. Графов, О. В. Бевза, Л. Є. Байдич, О. В. Кравченко, Ж. М. Плакасова, А. В. Топчієв, В. А. Чулюков, П. І. Федорук, В. Е. Клюкін, П. Л. Брусилівський, О. С. Меньяйленко, M. Driscoll, P. Karampiperis, Lora Aroyo, Riichiro Mizoguchi, Steven Oxman, William Wong, A. C. Graesser, M. Conley, D. Merrill, M. Elson-Cook, K. VanLehn, R. A. Sottolare, A. S. Patil, J. R. Anderson, M. T. Chi, P. Durlach, C. A. Farrington, A. Jordan, D. Merrill та ін.);

- дослідження щодо адаптивного навчання авіаційних операторів (С. М. Неділько, С. П. Борсук, І. І. Верещагін, О. В. Ізвалов, А. С. Пальоний, М. А. Павленко, О. І. Тимочко, Г. С. Степанов, В. Г. Чернов, Ю. В. Чинченко та ін.).

В цих дослідженнях АНС реалізовані в таких формах, як інтерактивна WEB-система, система тестування, адаптивна система дистанційного навчання, адаптивна гіпермедіа-система, навчальний процес з використанням Інтернету або інших медіа-ресурсів тощо. В загальних дослідженнях щодо ада-

птивного навчання визначаються наступні складові АНС: модель предметної області (модель контенту), модель користувача (учня) та модель процесу корекції діяльності.

## 1. Постановка задачі

У класичному тренажері відсутній зворотній зв'язок по результатам виконання тренувальних вправ. Розробка методу індивідуалізації тренажерної підготовки з врахуванням індивідуальних особливостей диспетчера УПР дозволить підвищити якість підготовки диспетчера УПР та підтримувати належний рівень навичок та вмій. Так, Wickens та ін. (2013) порівняли ефективність цільової підготовки за фіксованим графіком, в якому рівень складності був статичним, спираючись на рівень "середнього" учня, з навчанням, що включало в себе адаптивний графік (де складність збільшувалася для учнів адаптовано, виходячи з їх ефективності). Було виявлено явну перевагу адаптивних навчальних графіків перед фіксованими. Адаптивне навчання підвищило ефективність навчання на 36%, порівняно з традиційним навчанням [13]. Але щоб бути більш ефективним, ніж статичні курси або тренажерні вправи, адаптивне навчання повинно включати штучний інтелект, який адаптується відповідно до моделі студента. Крім того, застосування АНС дозволить суттєво зменшити терміни підготовки авіадиспетчерів та, у довгостроковій перспективі, заощадити на фінансових витратах, уникаючи негативного впливу на якість їх підготовки та безпеку польотів. Треба враховувати і те, що більшість майбутніх учнів будуть технічно розвиненими особистостями, яких завжди і всюди оточують комп'ютерні ігри, віртуальна реальність, тренажери тощо. Отже створення навчальних технологій, сфокусованих на учні, та їх реалізація в форматі АНС дозволить використовувати ці особливості для інтенсифікації навчального процесу, підвищуючи його ефективність.

Сучасні АНС повинні стати невід'ємною складовою підготовки всіх авіаційних фахівців. Не слід розглядати АНС як заміну існуючих класів, авіаційних тренажерів та практичних методів навчання, вони повинні їх доповнювати та розширювати. Хоча ця технологія все ще розвивається, вона має значний потенціал для вдосконалення практики навчання авіаторів, зокрема авіадиспетчерів.

В системі адаптивної тренажерної підготовки авіадиспетчерів обсяг та зміст курсу тренувальних вправ та складність кожної тренувальної вправи повинні регулюватись в залежності від індивідуальних особливостей та результатів контролю виконання вправ.

**Метою** цієї статті є розгляд, аналіз і узагаль-

нення результатів досліджень в сфері адаптивного навчання та визначення необхідних умов для створення системи адаптивної тренажерної підготовки авіадиспетчерів.

## 2. Огляд основних досліджень в сфері адаптивного навчання

Проаналізуємо основні сучасні підходи та вимоги до адаптивного навчання. Так, дослідники Steven Oxman та William Wong [1] вважають, що АНС повинна динамічно регулювати складність або типи навчання, послідовність та кількість завдань в темі у будь-який момент часу, спираючись на результати навчальної діяльності користувача. Це потребує створення моделі користувача за допомогою статистичних висновків щодо його рівня знань (певної чисельної оцінки) за допомогою вхідного та поточного контролю. Крім того, модель користувача містить дані про пройдені теми. Така система може робити висновки про стиль навчання або найкращий час дня для засвоєння матеріалу для певного користувача. Навчальна модель визначає, як система вибирає конкретний зміст для користувача у певний час. Отже здійснюється поєднання інформаційного потоку від моделі користувача та моделі контенту, що, в ідеалі, генерує індивідуальну стратегію навчання для підвищення якості навчання.

P. Ardimento, N. Boffoli, V. N. Convertini, G. Visaggio [2], розглядаючи шляхи вирішення проблем адаптивних систем електронного навчання, визначають середовище адаптивного електронного навчання як засіб створення досвіду навчання одночасно як для користувачів, так і для інструкторів, залежно від конфігурації безлічі елементів у певний період з метою підвищення ефективності навчання, значення яких вимірюються на підставі заздалегідь визначених критеріїв. Ці критерії можуть бути освітні, економічні, засновані на часі задоволення потреб користувача або на будь-які інші, що вважаються важливими для зацікавлених сторін. Загалом, процес адаптації може бути описаний в три етапи: вилучення інформації про користувача, обробка інформації для ініціалізації та оновлення моделі користувача і використання моделі користувача для забезпечення адаптації. У процесі адаптації задіяні дві сторони: користувач (набуття знань) та інструктор (посередник для користувача). Адаптивне навчання передбачає як мінімум три складові: модель змісту (структури навчального матеріалу), модель користувача (метод розуміння здібностей користувача), навчальна модель (метод побудови відповідності змісту потребам користувача в динамічній і персоналізованій схемі). Особливістю саме моделі користувача є те, що вона представляє собою відповідні хара-

ктеристики, переваги, знання, компетенції, завдання або цілі. Ключовим принципом використання моделі предметної області є те, що для кожної моделі контенту в індивідуальній моделі знань користувача зберігаються дані для оцінювання рівня знань користувача. Таким чином, аналіз даних по кожному окремому користувачу дозволяє створювати індивідуальний підхід до навчання. Інша альтернатива моделі знань користувача забезпечується збереженням інформації про відвідування користувачем окремих сторінок, тобто історії відвідувань. Деякі системи використовують цю модель в якості додаткового джерела адаптації. Цілі користувача можуть бути змодельовані у вигляді набору понять (компетенцій), які можуть бути представлені у вигляді моделі.

Згідно іншого підходу до адаптивного електронного навчання, компонент штучного інтелекту адаптивного навчання активує здатність налаштувати навчальний вміст для потреб та переваг учнів за рахунок того, що система дізнається про кожну людину та генерує контент через наступні компоненти *менеджера курсу*: модель студента; автоматичне створення навчального курсу; метадані; експертна модель; банк питань (Cheung и др., 2003). При цьому менеджер курсу відіграє загальну роль у аналізі та інтеграції всіх інших структур програмного забезпечення. Це включатиме розгляд моделі студента, змісту та структури курсів та експертної моделі. Кінцевою роботою менеджера курсу є створення спеціально розробленого курсу, що відповідає потребам підготовки організації, надання індивідуальних інструкцій та пропозицій під час навчального процесу, ведення обліку студентів (особистої інформації, статусу навчання та результатів тестування), забезпечення курсу через інтерфейс користувача та формування адаптивних іспитів через банк питань. Отже, менеджер курсу координує всі компоненти АНС, щоб навчання було ефективним, а досвід учня був гладким та точним. Модель студента збирає та зберігає інформацію про кожного окремого учня при кожній взаємодії конкретного користувача з платформою АНС. Як правило, ці дані пов'язані з навчальними перевагами (бажані типи медіа-засобів, доцільність проходження конкретним учнем інтерактивних вправ, потрібний рівень складності тощо) та когнітивним станом (що вже знає користувач?) (Caruano, Marsella, 2000). Компонент автоматичного створення навчального курсу відповідає за визначення унікального навчального курсу для кожного учня, виходячи з їх визначених потреб та цілей організації. Навчальний курс – унікальний список навчальних об'єктів, упорядкованих для досягнення мети курсу. Для того, щоб адаптивно обрати відповідний навчальний об'єкт, всі навчальні об'єкти "по-

значені" (проіндексовані) та є метаданими. Метадані використовуються для ефективного пошуку цифрових ресурсів в рамках комп'ютерної програми; вони описують об'єкт навчання та його зв'язок з іншими навчальними матеріалами. Це створює досить складну схему, яка описує передумови, підтексти та взаємозв'язки всіх об'єктів навчання (Caruano та ін., 2000). Експертна модель включає знання предмету фахівця; створену модель учня для відстеження спроможності, сприйняття та дій кожної людини; і педагогічні знання про ефективні методи навчання.

Адаптивне навчання в форматі самонавчання було успішно використано в AutoTutor у вигляді діалогу на природній мові між комп'ютером та користувачем (VanLehn, Graesser, Jackson, Jordan, 2007) [3]. Режим самокорекції змушує учня переглянути свою роботу і визначити в який момент помилка була зроблена при вирішенні проблеми та спробувати виправити неправильний крок. Підказка може не з'явитися негайно, коли була вчинена помилка, а допомога надається лише після того, як учням складно знайти або виправити помилку. Вдосконалена система AutoTutor має набір нечітких правил для формування індивідуальних стратегій навчання, чутливих до когнітивних та емоційних станів користувача з метою корекції негативних моментів, пов'язаних з проходженням учнями певного матеріалу.

Цікавою з точки зору застосування адаптивного підходу до навчальної діяльності є розробка компанії Knewton [4], яка відома тим, що одна з перших стала активно застосовувати технології аналізу даних у сфері освіти. В результаті цієї роботи була створена адаптивна освітня платформа, яку можна підключити до будь-якої сучасної системи управління навчальним процесом. Основною ідеєю дослідження є адаптація до унікальної «кривої знань» користувача. Мається на увазі, що компанія Knewton розробила технологію аналізу даних (поточних результатів навчальної діяльності). Методологія Knewton будується навколо технології планування освітньої траєкторії і складної моделі оцінки користувача. Такий підхід докорінно відрізняється від більшості адаптивних програм, які по суті застосовують адаптивний підхід до єдиної точки, в якій вимірюється рівень підготовки користувача. Прикладом такого підходу є вхідний контроль знань, за результатами якого система визначає контент, що буде показаний користувачу надалі. Адаптивний підхід до навчальної діяльності, в розумінні Knewton, має реагувати в реальному часі на результати окремого користувача та його дії в системі. Цей підхід збільшує ймовірність того, що користувач отримає правильний контент в потрібний момент і досягне поставлених цілей (певний рівень підготов-

ки, підтримка належного рівня підготовки). Наприклад, при низькому рівні володіння певним матеріалом, Knewton виділяє теми в цьому матеріалі та пропонує до ознайомлення контент, який допоможе підвищити рівень розуміння саме цих тем. Дані, які використовує адаптивна платформа, збираються та передаються на сервер Knewton з використанням API. Адаптивна платформа аналізує зібрані дані та повертає їх у вигляді рекомендацій або вказівки на який саме блок контенту потрібно звернути увагу.

Розглянемо дослідження щодо адаптивного навчання авіаційних операторів. В дослідженні Ю.В. Борсука [5] подано адаптивні алгоритми навчання для авіаційних операторів. Для роботи над адаптивними алгоритмами та їх параметрами автором були використані методи лінійної алгебри, а для розробки механізму умовних логічних одиниць - методи теорії баз даних. Запропоновані адаптивні алгоритми можуть змінювати параметри роботи для кожного користувача залежно від його успішності шляхом поступового підвищення складності, що допоможе засвоїти алгоритми розв'язання простих завдань. В дослідженні адаптивний підхід до навчальної діяльності визначається як процес підготовки на тренажері, під час якого інформація про користувача використовується для внесення змін в роботу підсистем тренажера.

У роботі І. І. Верещагіна [6] показано місце адаптивного управління розвитком пізнавального процесу і тренажу в структурі інноваційних технологій підготовки оперативного персоналу, розроблено модель індивідуальних гнучких комп'ютерних професійних тренажерів широкого призначення для формування умінь і навичок прийняття оперативних управлінських рішень у складних ситуаціях; розроблено денотаційну модель автоматизованого рішення задач таких тренажерів, синтезованих в інструментальному середовищі їхньої візуальної розробки.

М. А. Павленко, О. І. Тимочко, Г. С. Степанов, В. Г. Чернов [7] розглядають принципи побудови тренажерних систем підготовки операторів автоматизованих систем управління (АСУ) з використанням інтелектуальних інформаційних технологій. Автори вважають, що після визначення рівня підготовки та формування стратегії навчання відбувається процес ситуаційного адаптивного формування середовища навчання оператора в процесі тренажерної підготовки. На початковому етапі підготовки операторів визначається рівень їх професійної підготовки для формування стратегії навчання. За результатами вхідного контролю щодо виконання окремих операцій та етапів розв'язуваного операторами завдання формується стратегія їх навчання, розраховується прогноз навченості, що робить можливим реалізацію індивідуального підходу до підгото-

вки операторів АСУ. Тобто, принциповим є формування індивідуальних стратегій навчання як на початковому етапі, так і в ході самої підготовки.

Ю. В. Чинченко [8] доповнив систему професійної підготовки диспетчерів УПР модулем контролю та діагностики та модулем управління і прогнозування. В дослідженні адаптивність розглядається як можливість гнучкого налаштування системи у відповідності до конкретних умов. Подано індивідуальні стратегії професійної підготовки, що представляють собою сукупність рекомендацій щодо форм, засобів, стандартів та типових професійних задач, які виконує авіадиспетчер під час виконання тренувальних вправ. Формально описано елементи підсистеми професійної підготовки: узагальнені моделі кризових ситуацій; моделі авіадиспетчерів; модель діяльності (алгоритм і критерії діагностики) інструктора; індивідуальні стратегії професійної підготовки; бази даних професійної надійності при обслуговуванні повітряного руху.

В дослідженні О. В. Извалова [9] для впровадження індивідуально-орієнтованого підходу використовується поняття складності УПР. При цьому складна навчальна ситуація повинна відповідати поточному рівню розвитку умінь та навичок диспетчера УПР. Розроблене автором інформаційне та програмне забезпечення, в якому втілені положення адаптивного навчання, дозволяє забезпечити передумови для індивідуального підходу до практичної підготовки.

В дослідженні А. С. Пальоного [10,11] розроблені моделі і алгоритми оцінки дій авіадиспетчерів виступають основою концептуального проектування і програмної реалізації інтелектуальних модулів системи підтримки прийняття рішення інструктора (експерта). Система видає дані про вторинні результати роботи авіадиспетчерів та дозволяє обґрунтувати комплексні та підсумкові оцінки діяльності диспетчерів УПР; сприяти інструктору тренажеру у формуванні об'єктивних висновків щодо оцінки дій диспетчерів УПР; надавати інформацію про помилки і оцінки, а також зауваження.

Технологічна компанія Paladin:Paradigm Knowledge Solutions, заснована в Канаді у 2013 році Адольфо Класеном [12], працює в сфері вирішення стратегічних завдань, пов'язаних з адаптивним навчанням, зокрема тренажерною підготовкою пілотів у всьому світі, застосовуючи для цього власні доробки. Їх головна стратегія полягає у тому, що процес вдосконалення системи навчання на основі компетентності повинен складатися з сукупності наступних кроків: отримання кількісних оцінок компетентності стажиста; визначення кількісних показників ефективності підготовки; прогнозування майбутньої роботи кожного учня; формування рекомендацій

щодо адаптації тренінгу до конкретних сильних і слабких сторін стажиста. Компанія використовує складні алгоритми штучного інтелекту на основі машинного навчання для аналізу взаємодії учня з програмним забезпеченням для кількісного та якісного вимірювання прихованих знань та рівня кваліфікації, на підставі чого формується еволюційна картина індивідуального прогресу в навчанні, яку можна використати для досягнення цілеспрямованого навчання в потрібний час. При цьому застосовуються сучасні інструменти та методи обробки гігантських наборів даних для вилучення їх зразків та формування інтелекту.

В проаналізованих дослідженнях використовувались наступні механізми та технології, що дозволяють впроваджувати адаптивні процеси в навчальну діяльність: лінійна алгебра, теорія графів, квантування знань, ієрархічна модель дедуктивних запитів, мережі Петрі, потокові схеми Келлера, штучні нейронні мережі, теорія автоматів, денотційна семантика, теорії ймовірностей тощо.

### 3. Основи побудови системи адаптивної тренажерної підготовки авіадиспетчерів

Аналіз вищезазначених робіт дозволяє виділити основні рівні індивідуалізації при гнучкому налаштуванні системи за допомогою визначених параметрів, критеріїв та відповідних умов, при чому:

- під системою мається на увазі сукупність взаємопов'язаних компонентів та їх зв'язки у вигляді інформаційних потоків в системі тренажерної підготовки;

- під параметрами системи маються на увазі параметри складності, що дозволяють регулювати зміст тренувальних вправ або курсу тренувальних вправ з метою його адаптації до індивідуальних характеристик диспетчера УПР;

- під критеріями маються на увазі критерії оцінювання діяльності диспетчерів УПР, що визначаються в залежності від кінцевого завдання системи, в даному випадку – підтримка та підвищення рівня професійної підготовки;

- під умовами маються на увазі індивідуальні характеристики диспетчерів УПР (рівень поточної підготовки, результати виконання тренувальних вправ тощо).

При внесенні адаптивної складової в тренажерну систему необхідно виконувати додаткову обробку інформації на початку та в кінці виконання тренувальної вправи. Виходячи з цього, розрізняють три рівні адаптації. Першим рівнем є формування початкової індивідуальної стратегії діяльності (ІСД), тобто початковий зміст та обсяг курсу тренувальних вправ. Основою для формування ІСД на цьому рівні

є аналіз результатів вхідного контролю для визначення рівня початкових знань, навичок, умінь. Вхідний контроль може бути виконаний як у вигляді тестової тренувальної вправи, так і у вигляді тестів для перевірки рівня теоретичної підготовки або їх комбінація. Отримані дані дозволяють формувати та корегувати зміст, структуру та складність курсу тренажерної підготовки, необхідну кількість та зміст тренувальних вправ.

Другим рівнем адаптації є корегування складності наступної тренувальної вправи або курсу вправ, що були визначені на першому рівні адаптації. Основою для формування ІСД на другому рівні є аналіз результатів поточного контролю виконання тренувальних вправ.

Третій рівень адаптації дозволяє корегувати складність тренувальних вправ в процесі їх виконання за рахунок зміни динамічної повітряної обстановки за допомогою параметрів складності.

Виходячи з аналізу тематичних досліджень, були визначені взаємопов'язані моделі, що забезпечують функціонування АНС на основі тренажерної підготовки авіадиспетчерів:

- модель системи, що представляє структуру змісту тренажерної підготовки диспетчерів УПР та містить критерії оцінювання, параметри складності, необхідні для формування ІСД;

- модель користувача – диспетчера УПР, яка містить дані про поточний стан рівня підготовки, дані про результати тренувань впродовж всього курсу підготовки та можливий прогноз стану рівня підготовки;

- метод формування ІСД, що враховує модель системи та модель користувача та робить можливим процес корекції діяльності, та є відмінною рисою кожного проаналізованого дослідження, у той час як модель системи та модель користувача подається у кожному дослідженні приблизно однаково.

Незалежно від використаного методу в кожному з проаналізованих досліджень формування моделі користувача відбувається на основі отриманих даних від результатів поточного або вхідного контролю. В проаналізованих дослідженнях вхідний контроль реалізовано багатьма способами, серед яких є як тестування так і тестові вправи. Тобто, для створення АНС на основі системи тренажерної підготовки потрібно розробити вхідний контроль (у вигляді тестової тренувальної вправи перед курсом тренувань) та поточний контроль (отримання результатів виконання поточних тренувальних вправ). Вхідний контроль дозволяє оцінити рівень знань диспетчера УПР перед формуванням початкової ІСД, в той час як поточний контроль використовується для внесення змін в ІСД впродовж всього курсу підготовки.

Однак, у розглянутих дослідженнях не в повній мірі розкрито питання формування індивідуальних стратегій навчання диспетчерів УПР, не визначено механізмів формування таких стратегій, визначення яких дозволить забезпечити повноцінне проведення процесу корекції професійної підготовки. Відбувається лише констатація початкових та поточних результатів навчання диспетчерів УПР та не розглянуто питання корекційної складової, як одного з етапів навчання.

Визначення ІСД повинно базуватися на диференційованому визначенні помилок і порушеннях правил авіадиспетчерами при виконанні типових елементів діяльності в контексті відповідних умов. При цьому для визначення ІСД необхідно фіксувати та використовувати інформацію як про наявні (активні) помилки, так і приховані помилки, тобто дії або умови, що можуть призвести до появи помилок у майбутньому. В якості критеріїв визначення ІСД доцільно використовувати індивідуальні моделі помилок. Всі помилки авіадиспетчера можна диференціювати в залежності від рівнів його діяльності відповідно до етапів прийняття рішень, а саме: помилки прийняття рішення авіадиспетчером (засновані на знаннях та правилах) та помилки реалізації прийнятого рішення (засновані на навичках). Так, помилки, що базуються на навичках, мають відношення до помилок з невиконання необхідних дій (пропуском дій) або повторювання їх виконання; несвоєчасного виконання чи порушення послідовності виконання необхідних дій. Отже, в механізмі формування ІСД авіадиспетчерів повинні враховуватися: типи зроблених помилок (помилки під час ведення радіозв'язку, процедурні помилки при прийомі повітряного судна на управління, операційні помилки при виконанні процедури радіолокаційного наведення тощо), визначених за відповідними критеріями оцінювання (наприклад, безпомилковості і своєчасності), ступінь їх значущості (незначні, значні, дуже значні).

В адаптивній системі тренажерної підготовки кількість ключових елементів та рівень складності тренувальної вправи в будь-який момент часу повинні змінюватися в залежності від дій користувача спираючись на ступінь сформованості знань, навичок та вмій. Індивідуальний підхід до авіадиспетчерів повинен забезпечувати використання диференційованих програм підготовки, виконання ними індивідуально адаптованих вправ за змістом і рівнем складності їх вирішення та визначення на їх підставі індивідуально-змінних показників діяльності.

Для реалізації адаптивного підходу до тренажерної підготовки потрібно вдосконалити систему тренажерної підготовки, впровадивши можливість аналізу поточного рівня підготовки диспетчера УПР

у відповідності з визначеними критеріями та формувати ІСД за допомогою внесення змін в програму підготовки відповідно до визначених параметрів. Такі ІСД можуть бути реалізовані у вигляді сукупності рекомендацій щодо форм, засобів, стандартів та типових професійних задач, які виконує авіадиспетчер під час виконання тренувальних вправ. Окрім вищезазначеного, застосування ІСД на диспетчерських тренажерах повинно забезпечувати баланс між індивідуальними особливостями потенційного авіадиспетчера та його робочим навантаженням, часом роботи та періодами відпочинку. Таким чином, АНС, реалізована з використанням комп'ютерних технологій, зокрема на базі сучасних тренажерних систем, повинна допомогти кожному авіадиспетчеру забезпечити надійне формування належного рівня професійної компетентності незалежно від його початкового рівня підготовки.

## Висновки

Аналіз існуючих досліджень дозволяє скласти перелік необхідних дій для впровадження адаптивних процесів в систему тренажерної підготовки диспетчерів УПР з урахуванням фактичного рівня підготовки диспетчера УПР. Для створення адаптивної тренажерної підготовки диспетчера УПР необхідно враховувати такі показники індивідуалізації, як типові помилки, визначені за відповідними критеріями оцінювання, ступінь їх значущості, рівень складності вправи, при виконанні якої були зроблені помилки.

Розглянуті положення в проаналізованих роботах потребують подальшого розвитку з урахуванням специфіки впровадження адаптивного підходу до тренажерної підготовки диспетчерів УПР.

Для побудови системи адаптивної тренажерної підготовки диспетчерів УПР необхідно:

- визначити основні компоненти наведених моделей (критерії, параметри);
- створити базу даних, яка буде зберігати результати виконання тренувальних вправ диспетчерами УПР з метою їх подальшого аналізу;
- розробити метод формування ІСД на основі моделей системи та користувача, що дозволить забезпечити повноцінне проведення процедури корекції професійної підготовки;
- визначити та обґрунтувати критерії вибору ІСД.
- визначити тип та особливості вхідного контролю.

## Література

1. Oxman, S. *White paper: adaptive learning systems* [Електронний ресурс] / S. Oxman, W. Wong // DV X Innovations DeVry Education Group, February 2014. Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/4e57/2108fa1591d21d980a6efe78673edc48c652.pdf>. – 18 листопада 2017.

2. Ardimento, P. *Decision table for adaptive e-learning systems* [Електронний ресурс] / P. Ardimento, N. Boffoli, V.N. Convertini, G. Visaggio // *Education in a Technological World: Communicating Current and Emerging Research and Technological Efforts*, Publisher: Formatex Research Center, Editors: A. Mendez-Vilas, December 2011. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/profile/Pasquale\\_Ardimento/publication/257903517\\_Decision\\_table\\_for\\_adaptive\\_e-learning\\_systems/links/0deec526109b7827b0000000/Decision-table-for-adaptive-e-learning-systems.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pasquale_Ardimento/publication/257903517_Decision_table_for_adaptive_e-learning_systems/links/0deec526109b7827b0000000/Decision-table-for-adaptive-e-learning-systems.pdf). – 18 листопада 2017.

3. Graesser, A. C. *AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language* [Електронний ресурс] / A. C. Graesser, S. Lu, G. T. Jackson, H. H. Mitchell, M. Ventura, A. Olney, M. M. Louwerse // *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36(2), 2004. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/profile/Max\\_Louwerse/publication/215835920\\_AutoTutor\\_or\\_a\\_Tutor\\_with\\_Dialogue\\_in\\_Natural\\_Language/links/0912f509d1255b8dcc000000/AutoTutor-a-Tutor-with-Dialogue-in-Natural-Language.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Max_Louwerse/publication/215835920_AutoTutor_or_a_Tutor_with_Dialogue_in_Natural_Language/links/0912f509d1255b8dcc000000/AutoTutor-a-Tutor-with-Dialogue-in-Natural-Language.pdf). – 18 листопада 2017.

4. Wilson, K. *The Knewton Platform: A General-Purpose Adaptive Learning Infrastructure* [Електронний ресурс] / K. Wilson, Z. Nichols // *A knewton white paper*, January 2015. Режим доступу: <https://www.knewton.com/wp-content/uploads/knewton-technical-white-paper-201501.pdf>. – 18 листопада 2017.

5. Борсук, С. П. *Адаптивне навчання операторів на функціональному тренажері* [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.07.14 / Борсук Сергій Павлович ; Нац. авіац. ун-т. - К., 2011. - 23 с.

6. Верещакін, І. І. *Автоматизований синтез і моделі гнучких комп'ютерних професійних тренажерів широкого призначення* [Текст] : автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Верещакін Ігор Іванович ; НАН України, М-во освіти і науки України, Міжнар. наук.-навч. центр інформ. технологій та систем. - К., 2007. - 20 с.

7. *Принципы построения перспективных тренажерных систем подготовки операторов АСУ динамическими объектами* [Електронний ресурс] / М.А. Павленко, А.И. Тимочко, Г.С. Степанов, В. Г. Чернов // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. - 2014. - № 1. - С. 112-117. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo\\_2014\\_1\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2014_1_24). – 20 листопада 2017.

8. Чинченко, Ю. В. *Моделі і алгоритми автоматизованого управління рівнем готовності авіадиспетчерів до дій в кризових ситуаціях* [Текст] : ав-

тореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / Чинченко Юрій Володимирович ; Національний транспортний ун-т. - К., 2004. - 20 с.: рис., табл.

9. Извалов, А. В. *Разработка алгоритмов автоматической генерации упражнения на диспетчерском тренажере для развития требуемых навыков* [Текст] / А.В. Извалов, В.Н. Неделько, С.Н. Неделько. // *Наукові праці академії*. – Вип. XII. – Кіровоград, 2007. – С. 274-282.

10. Неделько, С.Н. *Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения* [Текст] / С.Н. Неделько, В.А. Григорецкий, А.С. Паленный // *Наукові праці академії*. – вип. IX / за ред. Р.М. Макарова – Кіровоград: ДІАУ, 2005. – С. 387-400.

11. Пальоний, А.С. *Розробка методу і моделей оцінки діяльності авіадиспетчерів* [Електронний ресурс] / А.С. Пальоний // *Системи управління, навігації та зв'язку*. - 2015. - Вип. 3. - С. 120-127. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz\\_2015\\_3\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2015_3_31). – 21 листопада 2017.

12. *Paladin: Paradigm Knowledge Solutions* [Електронний ресурс] / A. Klassen, M. Klassen, G. Woolley, S. Kearns // *Brochure*, 2016. Режим доступу: <http://paladin-paradigm.com/wp-content/uploads/2016/02/PPKS-DDAT-Brochure.pdf>. – 18 листопада 2017.

13. Wickens, C. D. *Effectiveness of Part-Task Training and Increasing-Difficulty Training Strategies: A Meta-Analysis Approach* [Електронний ресурс] / C.D. Wickens, S. Hutchins, T. Carolan and J. Cumming // *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, July 2012. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/profile/Christopher\\_Wickens/publication/236926003\\_Effectiveness\\_of\\_Part-Task\\_Training\\_and\\_Increasing-Difficulty\\_Training\\_Strategies\\_A\\_Meta-Analysis\\_Approach/links/570515c408ae74a08e27108f/Effectiveness-of-Part-Task-Training-and-Increasing-Difficulty-Training-Strategies-A-Meta-Analysis-Approach.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christopher_Wickens/publication/236926003_Effectiveness_of_Part-Task_Training_and_Increasing-Difficulty_Training_Strategies_A_Meta-Analysis_Approach/links/570515c408ae74a08e27108f/Effectiveness-of-Part-Task-Training-and-Increasing-Difficulty-Training-Strategies-A-Meta-Analysis-Approach.pdf). – 18 листопада 2017.

## References

1. Oxman, S., Wong, W. *White paper: adaptive learning systems*, DV X Innovations DeVry Education Group, February 2014. Available at: <http://pdfs.semanticscholar.org/4e57/2108fa1591d21d980a6efe78673edc48c652.pdf> (accessed 18.11.2017).

2. Ardimento, P., Boffoli, N., Convertini, V.N., Visaggio, G. *Decision table for adaptive e-learning systems*, Education in a Technological World: Communicating Current and Emerging Research and Technological Efforts, Publisher: Formatex Research Center, Editors: A. Mendez-Vilas, December 2011. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Pasquale\\_Ardimento/publication/257903517\\_Decision\\_table\\_for\\_adaptive\\_e-learning\\_systems/links/0deec526109b7827b0000000/Decision-table-for-adaptive-e-learning-systems.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pasquale_Ardimento/publication/257903517_Decision_table_for_adaptive_e-learning_systems/links/0deec526109b7827b0000000/Decision-table-for-adaptive-e-learning-systems.pdf). (accessed 18.11.2017).

3. Graesser, A. C., Lu, S., Jackson, G. T., Mitchell, H. H., Ventura, M., Olney, A. & Louwerse, M. M. *AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language*, Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 36(2), 2004. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Max\\_Louwerse/publication/215835920\\_AutoTutor\\_or\\_a\\_Tutor\\_with\\_Dialogue\\_in\\_Natural\\_Language/links/0912f509d1255b8dce000000/AutoTutor-a-Tutor-with-Dialogue-in-Natural-Language.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Max_Louwerse/publication/215835920_AutoTutor_or_a_Tutor_with_Dialogue_in_Natural_Language/links/0912f509d1255b8dce000000/AutoTutor-a-Tutor-with-Dialogue-in-Natural-Language.pdf). (accessed 18.11.2017).

4. Wilson, K., Nichols, Z. *The Knewton Platform: A General-Purpose Adaptive Learning Infrastructure*, A knewton white paper, January 2015. Available at: <https://www.knewton.com/wp-content/uploads/knewton-technical-white-paper-201501.pdf> (accessed 18.11.2017).

5. Borsuk, S.P. *Adaptyvne navchannya operatoriv na funktsional'nomu trenazheri*. Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk [Adaptive training of operators on a functional simulator. diss. ... cand. tech. sci.] Kyiv, Nat. aviat. univ. Publ., 2011. 23 p.

6. Vereshchahin, I.I. *Avtomatyzovanyy syntez i modeli hnuchkykh komp'yuternykh profesiynykh trenazheriv shyrokoho pryznachennya*. Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk [Automated synthesis and models of flexible computer professional simulators of a broad purpose. Autoref. diss. ... cand. tech. sci.] Kyiv, Publ., 2007. 20 p.

7. Pavlenko M.A., Timochko A.I., Stepanov G.S., Chernov V.G. *Principles of the construction of advanced training systems for the training of ACS operators by dynamic objects*. Suchasni informatsiyi tekhnolohiyi u sferi bezpeky ta oborony, 2014, no. 1. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo\\_2014\\_1\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2014_1_24). (accessed 20.11.2017) (In Russian).

8. Chynchenko, Yu. V. *Modeli i alhorytmy avtomatyzovanoho upravlinnya rivnem hotovnosti aviadyspetcheriv do diy v kryzovykh sytuatsiyakh*. Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk [Models and algorithms of

automated control of the level of readiness of air traffic controllers for action in crisis situations. Autoref. diss. ... cand. tech. sci.] Kyiv, National Transport Univ. Publ., 2004. 20 p.

9. Yzvalov, A.V., Nedel'ko, V.N., Nedel'ko, S.N. *Development of algorithms for automatic generation of exercises on the control simulator for the development of required skills*. Kirovohrad, Scientific works of the Academy, 2007, no. 7, pp. 274-282. (In Ukrainian).

10. Pal'onnyy, A.S. *Development of the method and models of evaluation of air traffic controllers activity*. Systems of control, navigation and communication, 2014, no. 1. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz\\_2015\\_3\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2015_3_31) (accessed 21.11.2017) (In Ukrainian).

11. Nedel'ko, S.N., Grigoretskiy, V.A., Palennyy, A.S. *Development of a system of evaluation criteria for the automated analysis of the actions of air traffic controllers on air traffic service simulators*. Kirovohrad, Scientific works of the Academy, 2005, no. 7, pp. 387-400. (In Ukrainian).

12. Klassen, A., Klassen, M., Woolley, G., Kearns S. *Paladin: Paradigm Knowledge Solutions*, Brochure, 2016. Available at: <http://paladin-paradigm.com/wp-content/uploads/2016/02/PPKS-DDAT -Brochure. pdf>. (accessed 18.11.2017).

13. Wickens, C.D., Hutchins, S., Carolan T., Cumming, J. *Effectiveness of Part-Task Training and Increasing-Difficulty Training Strategies: A Meta-Analysis Approach*, Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, July 2012. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Christopher\\_Wickens/publication/236926003\\_Effectiveness\\_of\\_Part-Task\\_Training\\_and\\_Increasing-Difficulty\\_Training\\_Strategies\\_A\\_Meta-Analysis\\_Approach /links/570515c408ae74a08e27108f/Effectiveness-of-Part-Task-Training-and-Increasing-Difficulty-Training-Strategies-A-Meta-Analysis-Approach.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christopher_Wickens/publication/236926003_Effectiveness_of_Part-Task_Training_and_Increasing-Difficulty_Training_Strategies_A_Meta-Analysis_Approach /links/570515c408ae74a08e27108f/Effectiveness-of-Part-Task-Training-and-Increasing-Difficulty-Training-Strategies-A-Meta-Analysis-Approach.pdf) (accessed 18.11.2017).

Надійшла в редакцію 14.09.2017, розглянута на редколегії 22.11.2017

## ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

**В. Н. Неделько, А. С. Палённый, К. Ю. Сурков**

Представлены результаты анализа адаптивных обучающих систем. Проанализирован понятийный аппарат адаптивного подхода к обучению, рассмотрено понятие адаптивности и индивидуальных стратегий деятельности. Обоснована целесообразность и актуальность совершенствования системы тренажерной подготовки диспетчеров управления воздушным движением за счет использования индивидуализации и адаптивных процессов. Рассмотрены методы и модели в общих исследованиях по адаптивному обучению, исследованиях по адаптивному обучению авиационных операторов, в частности в исследованиях относительно тренажерной подготовки авиадиспетчеров. Сформулированы задачи для дальнейшего исследования возможностей совершенствования тренажерной подготовки авиадиспетчеров.

**Ключевые слова:** авиадиспетчер, адаптивные обучающие системы, индивидуализация обучения.



## PROBLEMS OF BUILDING AIR TRAFFIC CONTROLLER ADAPTIVE TRAINING SYSTEM

*V. Nedelko, A. Palonnyi, K. Surkov*

The use of adaptive learning systems is a modern trend that is used to improve the quality of teaching. However, for the most part, the issue of WEB training is being considered, while the issue of adapting simulator training is given less attention. This article presents the results of an analysis of research related to adaptive learning systems. Also, the conceptual apparatus of the adaptive approach to learning was analyzed, and concepts such as adaptability and individual activity strategies with respect to air traffic control operators were defined. Then, the expediency and urgency of improving the simulator training system for air traffic control operators was substantiated by using individualization and adaptive processes. Models and methods of individualization in general studies on adaptive learning, studies on adaptive learning of operators of complex systems, in particular in studies on the training of air traffic control operators, were considered. The main condition under which it is possible to develop an adaptive training system based on the air traffic control operators training system is the availability of such interrelated components as the system model, the user model and the method of forming individual activity strategies. The model of the system should contain the parameters of the complexity of the training exercises, the criteria for evaluating the results of their implementation and the interconnected information flows within the system. In turn, the user model should contain data on the results of the training exercises during the entire training course. The method of forming an individual approach describes the process of creating individual strategies of activity. These strategies must take into account the features of the system model and user model. An approximate algorithm was considered that allows to create an effective system of adaptive learning on the basis of the existing system of simulator training. This algorithm includes the development of criteria for evaluating the performance of training exercises, as well as the parameters of the complexity of the exercises. Also, in accordance with the conclusions drawn, the task was set for further study of the possibility of improving the training of air traffic control operators.

**Keywords:** air traffic controller, adaptive learning systems, individualization of training.

**Неділько Віталій Миколайович** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій та обслуговування повітряного руху, Кіровоградська льотна академія національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна, e-mail: nvn60@ukr.net.

**Пальоний Андрій Сергійович** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій та обслуговування повітряного руху, Кіровоградська льотна академія національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна, e-mail: andreypalen@gmail.com.

**Сурков Костянтин Юрійович** – аспірант кафедри інформаційних технологій та обслуговування повітряного руху, Кіровоградська льотна академія національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна, e-mail: kskrua@gmail.com.

**Nedilko Vitalii Mykolaiovych** – PhD, Associate Professor of Dept. «Informatics Technology and Air Traffic Control», Kirovograd Flight Academy of the National Aviation University, Kropivnitsky, Ukraine, e-mail: nvn60@ukr.net.

**Palonnyi Andriy Sergiyovich** – PhD, Associate Professor of Dept. «Informatics Technology and Air Traffic Control», Kirovograd Flight Academy of the National Aviation University, Kropivnitsky, Ukraine, Kropivnitskiy, e-mail: andreypalen@gmail.com.

**Surkov Kostiantin Iuriovich** – PhD student of Dept. of «Informatics Technology and Air Traffic Control», Kirovograd Flight Academy of the National Aviation University, Kropivnitsky, Ukraine, e-mail: kskrua@gmail.com.