

К. Ю. Сурков

Льотна академія національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

ДЕКОМПОЗИЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСПЕТЧЕРІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ В АДАПТИВНІЙ ТРЕНАЖЕРНІЙ СИСТЕМІ

Застосування адаптивних навчальних систем є напрямом вдосконалення навчальної діяльності диспетчерів управління повітряним рухом, зокрема на тренажерах. Доведено, що адаптивне навчання, яке включає штучний інтелект та гнучкі механізми формування індивідуально-адаптованих вправ, підвищує ефективність навчання порівняно з традиційним навчанням. Крім того, застосування адаптивного навчання дозволяє заощадити на витратах на професійну підготовку авіадиспетчерів за рахунок скорочення часу її проведення без зниження її ефективності. Процес адаптації складається з трьох етапів: вилучення інформації про користувача, обробка інформації для ініціалізації та оновлення моделі користувача і використання моделі користувача для забезпечення адаптації. Однією з головних проблем існуючих досліджень в сфері інтелектуальних навчальних систем є те, що в них не в повній мірі досліджено питання формування індивідуальних стратегій діяльності авіадиспетчерів на рівні моделей і алгоритмів для забезпечення ефективного зворотного зв'язку на протязі всіх етапів їх професійної підготовки. В існуючих тренажерних системах обслуговування повітряного руху не реалізовано завдання корекції навчальної діяльності. У статті розглянуті можливості формування адаптивного характеру і напрямку навчання в вигляді індивідуальних стратегій діяльності за допомогою структурованої множини режимів навчання, типових помилок за відповідними критеріями оцінки та окремих дій. Подальшими напрямками дослідження можна вважати визначення вагових коефіцієнтів важливості кожної помилки за відповідним критерієм оцінки та вагові коефіцієнти складності окремих дій. Розробка механізмів спостереження та аналізу сукупності помилок та їх причин.

Ключові слова: авіадиспетчер, адаптивні навчальні системи, індивідуалізація навчання, критерії оцінювання.

Вступ

За останні роки у світовому масштабі спостерігається зростання інтенсивності повітряного руху. Підвищується вірогідність припущення помилок з боку диспетчерів управління повітряним рухом (УПР), не зважаючи на застосування ними сучасних методів контролю, регулювання і обслуговування повітряного руху та використання новітніх засобів автоматизації УПР. Забезпечення належного рівня безпеки та ефективності польотів висуває високі вимоги до рівня підготовки авіадиспетчерів. Теоретична і практична професійна підготовка на диспетчерських тренажерах є найважливішим компонентом базової підготовки диспетчерів УПР, в ході якої формується, підтримується та вдосконалюється система професійних знань, навичок і вмінь авіадиспетчерів.

Застосування адаптивних навчальних систем (АНС) є напрямом вдосконалення навчальної діяльності диспетчерів УПР, зокрема на тренажерах. Доведено, що адаптивне навчання, яке включає штучний інтелект та гнучкі механізми формування індивідуально-адаптованих вправ, підвищує ефективність навчання на 36%, порівняно з традиційним навчанням [1-4]. Крім того, застосування адаптивного навчання дозволить заощадити на витратах на професійну підготовку авіадиспетчерів за рахунок скорочення часу її проведення без зниження її ефективності. Дослідження в сфері адаптивного навчання проводились такими вченими, як Л.С. Байдич, О.В. Бевза, П.Л. Брусиловський, О.М. Гайтан, Р.П. Графов, А.С. Довбиш, О.В. Кравченко, О.С. Меньяйленко, Ж.М. Плакасова, А.В. Топчієв, В.А. Чулюков, П.І. Федорук, M. Driscoll, P. Karampiperis, Lora Aroyo, Riichiro Mizoguchi, Steven Oxman, William Wong, A.C. Graesser, M. Conley, D. Merrill, M. Elson-Cook, K. Van Lehn,

R.A. Sottolare, A.S. Patil, J.R. Anderson, M.T. Chi, P. Durlach, C.A. Farrington, A. Jordan, D. Merrill та ін. В цих дослідженнях визначаються такі складові АНС, як модель предметної області (модель контенту), модель користувача та модель процесу корекції діяльності (навчальна модель), що визначає механізми формування індивідуальних стратегій навчання. Так, P. Ardimento, N. Boffoli, V.N. Convertini, G. Visaggio [5] 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 задалегідь визначених критеріїв. Процес адаптації складається з трьох етапів: вилучення інформації про користувача, обробка інформації для ініціалізації та оновлення моделі користувача і використання моделі користувача для забезпечення адаптації.

Дослідженням в області адаптивного навчання авіаційних операторів присвячені роботи С.М. Неділько, С.П. Борсука, І.І. Верещагіна, О.В. Ізвалова, М.А. Павленко, О.І. Тимочко, Г.С. Степанова, В.Г. Чернова, Ю.В. Чинченко та ін. Так, в дослідженні Ю.В. Борсука [6] подано адаптивні алгоритми навчання для авіаційних операторів, з використанням яких можуть корегуватися параметри роботи для кожного користувача залежно від його навчальних результатів шляхом поступового підвищення складності. Таким чином інформація про користувача впливає на роботу підсистем тренажера. М.А. Павленко, О.І. Тимочко, Г.С. Степанов [7] розглядають принципи побудови тренажерних систем підготовки операторів автоматизованих систем управління з використанням інтелектуальних інформаційних технологій. Автори вважають, що після визначення рівня

підготовки, за результатами вхідного контролю, та формування стратегії навчання відбувається процес ситуаційного адаптивного формування середовища навчання оператора в процесі тренажерної підготовки. В дослідженні О.В. Ізвалова [8] для впровадження індивідуально-орієнтованого підходу використовується поняття складності УПР, при цьому складна навчальна ситуація повинна відповідати поточному рівню розвитку умінь та навичок диспетчера УПР. В дослідженні Ю.В. Чинченко [9] адаптивність розглядається як можливість гнучкого налаштування системи до конкретних умов. Подано загальні індивідуальні стратегії професійної підготовки, які уявляють собою сукупність рекомендацій щодо форм, засобів, стандартів та типових професійних задач у кризових ситуаціях, які вирішує диспетчер УПР під час виконання тренувальних вправ.

Основна частина

Однією з головних проблем існуючих досліджень в сфері інтелектуальних навчальних систем є те, що в них не в повній мірі досліджено питання формування індивідуальних стратегій діяльності (ІСД) авіадиспетчерів на рівні моделей і алгоритмів для забезпечення ефективного зворотного зв'язку на протязі всіх етапів їх професійної підготовки. В існуючих тренажерних системах обслуговування повітряного руху (ОПР) не реалізовано завдання корекції навчальної діяльності. Інформація, отримана системою під час роботи користувача, не впливає на роботу користувача в системі, не працює повноцінно зворотний зв'язок, не регулюється робота системи згідно з індивідуальними характеристиками користувача. Це призводить до неможливості формування адаптаційних процесів. Обсяг, зміст та складність тренувальних вправ повинні варіюватися, спи-

раючись на результати виконання вправ авіадиспетчерами, враховуючи їх індивідуальні особливості. Застосування індивідуального підходу до практичної підготовки авіадиспетчерів на тренажерах УПР, а саме формування та використання індивідуальних стратегій діяльності диспетчерів, дозволить підвищити її якість та забезпечить підтримку на потрібному рівні професійних знань, навичок та вмінь авіадиспетчерів.

Формування ІСД базується на визначенні помилок авіадиспетчерів при виконанні тренажерних вправ. Тому розглянемо існуючу систему оцінювання знань, навичок і вмінь на диспетчерських тренажерах, зокрема, проаналізуємо діючі нормативи оцінок та параметри, що підлягають оцінці, а також визначимо сукупність критеріїв оцінки, на яких ґрунтується визначення типових помилок авіадиспетчерів.

В Україні перевірка практичних навиків з обслуговування повітряного руху (ОПР) авіадиспетчерів здійснюється на робочих місцях (об'єктах ОПР/секторах органу) та диспетчерських тренажерах Украероруху і Льотній академії Національного авіаційного університету (ЛІА НАУ). Оцінка рівня підготовки авіадиспетчера, в залежності від призначення та особи, яка оцінюється, здійснюється: екзамінаторами/експертами Украероруху, керівними працівниками ОПР, відповідними диспетчерами-інструкторами. Оцінювання практичних навиків з ОПР проводиться за п'ятибальною шкалою. За результатами перевірки оформлюється Протокол перевірки практичних навиків з ОПР. Контроль рівня підготовленості курсантів-авіадиспетчерів в ТЦ ОПР ЛІА НАУ виконується за типовими технологічними операціями та нормативами, що наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Нормативи оцінок технологічних одиниць діяльності авіадиспетчерів

Технологічні операції / оцінка	Задачі № 2,3			Задачі № 4,5,6		
	«5»	«4»	«3»	«5»	«4»	«3»
1. Прийом чергування та підготовка робочого місця.	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
2. Знання фактичної та прогнозованої погоди у зоні відповідальності.	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
3. Дотримання правил радіозв'язку та фразеології радіообміну	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
4. Координація дій з органами ОПР та іншими службами.	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
5. Ведення радіолокаційного контролю.	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
6. Ведення процедурного контролю.	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
7. Оперативність і правильність прийняття рішень при УПР.	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
8. Виконання пультових операцій	1-2 заув.	3 заув.	4 заув.	-	1 заув.	2 заув.
9. Дії диспетчера при ОПР у особливих умовах польоту	*	*	*	-	1 заув.	2 заув.
10. Дії диспетчера при ОПР у особливих випадках в польоті	*	*	*	-	1 заув.	2 заув.

*- технологічна операція на даних задачах не оцінюється

Оцінка «2» ставиться за технологічну операцію: на задачах №2 та 3: більше 4-х зауважень; на задачах №4, 5, 6: більше 2-х зауважень. Загальна оцінка за вправу ставиться: при отриманні оцінки «2» по одній з технологічних операцій; при грубих порушеннях правил польотів і диспетчерського ОПР.

Всі задачі, окрім першої (ознайомлювальної) та другої (безконфліктне ОПР), пов'язані з вирішенням потенційно-конфліктних ситуацій у повітряному русі. Задачі 4, 5 і 6 передбачають комплексне ОПР з

наявністю конфліктів та аварійних ситуацій. Вправа, що відповідає 3-й задачі передбачає інтенсивність повітряного руху 12-14 ПС/год. з одночасним перебуванням на зв'язку до 4 ПС; перехід від простих метеоумов до складних; випуск більш швидкого ПС за менш швидким в одному напрямку. Характер повітряного руху: ПС, що вилітають, ПС, що прибувають та ПС, що виконують тренувальні польоти.

В якості критеріїв оцінки дій авіадиспетчерів для визначення ІСД в рамках адаптивної тренажер-

ної підготовки авіадиспетчерів застосовуються [10]:

1. *Критерій оцінки «Швидкість реагування на проблемну ситуацію (ТІ)»* – оцінюється витримування диспетчером вимог щодо виконання відповідних технологічних операцій (ТО) в межах проміжку часу, що є в нього на прийняття рішення, для успішного вирішення проблемної ситуації (зокрема, ПКС).

2. *Критерій оцінки «Оптимальність обраної стратегії управління для вирішення проблемної ситуації (ОМ)»*, із забезпеченням: безпеки польотів; економічності повітряного руху; ефективності взаємодії.

3. *Критерій оцінки «Безпомилковість виконання технологічних операцій(СО)»* – оцінюється правильність та доцільність виконання диспетчером певної ТО у складі відповідної процедури щодо вирішення проблемної ситуації згідно робочої інструкції, враховуючи поточну обстановку під час УПР, діючи обмеження на виконання польотів, доповіді, отриманих від екіпажу ПС, диспетчерів суміжної зони відповідальності, тощо.

4. *Критерій оцінки «Результативність вирішення проблемної ситуації за показником забезпечення безпеки польотів (RS)»* – оцінюються фактичні результати вирішення проблемної ситуації авіадиспетчером за показником забезпечення безпеки польотів (наприклад, рішення ПКС/конфліктних ситуацій (КС) з різними наслідками).

Помилки за останнім критерієм є визначальною для нормативної оцінки: відноситься до категорії «критичних» помилок, та по суті є наслідком грубих порушення правил польотів та УПР (зокрема, правил та норм ешелонування ПС). До порушення безпечно ешелонування ПС можуть призвести помилки у своєчасності реагування на ПКС, якість прийнятого авіадиспетчером рішення та безпомилковість його реалізації, на яких і ґрунтуються відповідні ІСД.

Помилки за вищенаведеними критеріями розглядаються нами, для прикладу, з позиції рішення авіадиспетчером ПКС/КС. Характерні потенційно-небезпечні або небезпечні проблемні ситуації за участю двох або більше ПС, можливо класифікувати:

- *потенційно-конфліктна ситуація (ПКС)* – це таке взаємне розташування ПС та взаємозв'язок траєкторій їх польоту, яке через деякий час обов'язково призведе до конфліктної ситуації без втручання авіадиспетчера, тобто до порушення інтервалів між ПС;

- *конфліктна ситуація (КС)* – це зближення ПС на інтервали менше за нормативні, коли вже має місце порушення інтервалів ешелонування між ПС, але ще відсутнє небезпечне зближення ПС;

- *небезпечне зближення ПС (НЗ)* – це незаплановане завданням на політ зближення ПС між собою на інтервали менше половини від встановлених відповідними правилами ешелонування ПС.

В основі вказаних вище умов лежать такі мінімуми ешелонування:

- у вертикальній площині між суміжними рівнями польоту: 1000ф. до FL290 включно (у повітряному просторі (ПП) без зменшеного інтервалу вертикального інтервалу між ПС (RVSM)) / до FL410 вкл. (у ПП з RVSM); 2000ф. вище FL290 (у ПП без RVSM) / вище FL410;

- в горизонтальній площині: 10 NM (18.5 KM) у ПП СТА та 5 NM (9.3 KM) у ПП ТМА.

Під успішним вирішенням ПКС мається на увазі не лише недоведення потенційно-конфліктної ситуації до конфліктної, при якій відбувається фактичне порушення встановлених мінімальних інтервалів між ПС, але і є безпечним за наслідками у випадку успішного вирішення поточної ПКС без ускладнення повітряної обстановки, тобто без створення вторинної або групової ПКС/КС.

При оцінюванні швидкості реагування диспетчерів УПР в контексті конфліктних ситуацій і запобігання зіткненням між ПС, можна розглядати часові інтервали, на протязі яких спостерігаються певні типові події: спрацювання функції середньострокового виявлення конфлікту (MTCD), отримання авіадиспетчером сповіщення від функції короткострокового сповіщення про конфлікт (STCA) в режимах «Prediction» та «Violation», надання пілоту ПС рекомендації від бортової системи попередження зіткнень повітряних суден у повітрі про вирішення загрози зіткнення (TCAS RA). Однак спрацювання функції STCA, тем більше MTCD, не може виступати однозначним показником наявності ПКС/КС і виступати мірою несвоєчасності або оперативності дій авіадиспетчера з причини можливої появи хибних та зайвих попереджень. Крім того, треба мати на увазі, що STCA не є засобом підтримки управління, а виступає лише допоміжним інструментом для авіадиспетчера. Тому до складу елементів діяльності (компонентів вправи), з використанням яких здійснюється формування ІСД, входять такі, як виникнення випадкових похибок, хибних сповіщень або відмов функції STCA або взагалі робота авіадиспетчера при її повній деактивації. Це необхідно для того, щоб навчити авіадиспетчера не покладатися лише на наземні засоби автоматизації визначення конфліктів, а самому вірно аналізувати повітряну обстановку та адекватно реагувати на згенеровані сповіщення STCA.

Отже, в якості часового параметру оперативності реагування авіадиспетчером на ПКС доцільно застосовувати такий показник, як «час до точки максимального зближення ПС» (ТСПА), а лінійним параметром, що характеризує ступінь своєчасності реакції авіадиспетчера на ПКС/КС між ПС, виступає універсальний показник – «фактор ешелонування ПС» (SF). ТСПА – це значення часу, що виступає основним параметром для надання сповіщень пілоту системою TCAS та визначає тип сигналу: ТА (Traffic advisory) або RA (Resolution advisory). З метою визначення ступеню серйозності(небезпечності) ПКС/КС (за нормативами Євроконтролю) застосовується така формула [11]:

$$SF = \max \left(\frac{H_{sep}}{H_{min}}, \frac{V_{sep}}{V_{min}} \right), \quad (1)$$

де SF – максимальний коефіцієнт пропорційності горизонтальних та вертикальних дистанцій між ПС, H_{sep} та V_{sep} – горизонтальна та вертикальна дистанція між ПС відповідно, та – відповідні мінімуми ешелонування ПС.

Застосування саме фактору ешелонування для визначення своєчасності дій авіадиспетчера у відповідь на ПКС/КС дозволяє більш точно диференціювати помилки за цим критерієм. У загальному випадку: при $SF \geq 1$ – безпечне ешелонування забезпечено; при $SF < 1$ – має місце порушення нормативних інтервалів між ПС. За точку відліку приймається Point of Minimum Separation (POMS) – точка мінімальної відстані між ПС при їх зближенні у часових рамках існування конфлікту.

Критерій оцінки «швидкість реагування на проблемну ситуацію авіадиспетчером» є комплексним критерієм, оскільки охоплює собою такі сторони швидкодії авіадиспетчера, як оперативність, так і своєчасність виконання відповідних операцій. Помилки за цим критерієм, що розглядаються в контексті забезпечення ешелонування диспетчером районного диспетчерського центру (РДЦ), можна класифікувати наступним чином:

Перша група. Передтактичні та тактичні помилки в реагуванні на ПКС. Характеристика: Відсутність реакції з боку диспетчера радіолокаційного контролю (РЛК) на ПКС, при умові отримання вірної польотної інформації, до настання факту порушення безпечних інтервалів між ПС та/або до моменту спрацювання функції STCA. При цьому треба враховувати такі важливі фактори:

- дійсно мали місце потенційно-конфліктні траєкторії польоту ПС або факт надання екіпажу ПС вказівок/дозволів, що призводили до утворення ПКС;

- були відсутні ситуація раптової зміни траєкторії польоту ПС у вертикальній площині та ефект «levelbust», тобто ситуації, коли авіадиспетчер вимушений вже мати справу з фактом порушення нормативних інтервалів між ПС. У таких випадках, припущення авіадиспетчером передтактичної і тактичної помилок не враховується.

До першої групи помилок відносяться такі класи помилок:

1.1 Передтактичні помилки в виявленні ПКС фіксуються у випадку відсутності реакції авіадиспетчера при $TCPA > 4 \text{ mins}$.

1.2 Тактичні помилки в ранньому реагуванні на ПКС визначаються за умови відсутності відповідних дій авіадиспетчера.

1.3 Тактичні помилки у пізньому реагуванні на ПКС визначаються за умови:

$$TCPA \geq 2 \text{ min } s \text{ AND } (SF > 1). \quad (2)$$

Друга група. Тактичні помилки, пов'язані з виникненням КС. Характеристика: Відсутність реакції з боку диспетчера радіолокаційного контролю (РЛК) на ПКС, при умові отримання вірної польотної інформації, що призвело до порушення безпечних інтервалів між ПС, тобто у загальному випадку $SF < 1$. До 2-ї групи помилок відносяться такі класи помилок:

2.1 Тактичні помилки в реагуванні авіадиспетчером на КС при незначному порушенні інтервалів між ПС мають місце при:

$$0,8 \leq SF < 1. \quad (3)$$

2.2 Тактичні помилки в реагуванні авіадиспетчером на КС при суттєвому порушенні інтервалів між ПС відповідають виконанню умови:

$$0,5 \leq SF < 0,8. \quad (4)$$

Третя група. Тактичні помилки, пов'язані з виникненням НЗ. Характеристика: помилки в ситуації небезпечного зближення ПС до моменту, коли екіпаж ПС звітує про виконання маневру, викликаного попередженням TCAS в режимі RA. До третьої групи помилок відносяться такі класи помилок:

3.1 Тактичні помилки в реагуванні авіадиспетчером на НЗ при значному порушенні інтервалів між ПС з запасом часу до потенційної TCAS RA. Авіадиспетчер надав вказівку для розходження пізно, але – у пілота ще є час виконати маневр для розходження:

$$(0,2 \leq SF < 0,5) \text{ AND } (T_{\text{react}} \leq t_{\text{col}} - t_{RA} - \Delta t), \quad (5)$$

де T_{react} – фактичний час реакції авіадиспетчера на ПКС (надання вказівки для розходження); t_{col} – розрахунковий час зіткнення ПС; t_{RA} – поріг спрацювання TCAS в режимі надання пілоту рекомендації щодо виконання маневру для розходження ПС ($t_{RA}=35 \text{ сек.}$); t – запас часу на виконання дій пілотом ПС до спрацювання TCAS RA.

3.2 Тактичні помилки в реагуванні авіадиспетчером на НЗ при значному порушенні інтервалів між ПС безпосередньо перед TCAS RA. Надав вказівку для розходження дуже пізно – часовий проміжок від диспетчерської вказівки до TCAS RA є достатнім для початку виконання маневру ПС для розходження, але не достатнім для його завершення:

$$0,2 \leq SF < 0,5. \quad (6)$$

Фіксація помилок у несвоєчасному виявленні проблем (конфліктів) у повітряному русі за ступенем небезпечності передбачає визначення етапу їх припущення у часовому вимірі за розвитком проблемної ситуації з ПС. Рівень та характер загроз визначаються, по-перше, етапом розвитку проблемної ситуації, на якому диспетчер відреагував на неї, по-друге, контекстом, у якому відбулася подія. Тому серед базових характеристик типових помилок, окрім груп і класів помилок, фіксуються типи конфліктів та обставини, у яких авіадиспетчер припустив помилку в швидкості в реагуванні на ПКС. Це дає змогу більш точно формувати ІСД для корегування відповідних груп навичок авіадиспетчерів. Приклад таких помилок наведений у табл. 2 і 3.

Професійне навчання авіадиспетчерів в контексті формування навичок, зокрема щодо дій з вирішення ПКС, ґрунтується на таких загальних різновидах характеру навчальної діяльності:

1) *формування і закріплення* (відпрацювання навичок в ідентичних або дуже схожих ситуаціях);

2) *поглиблення* (відпрацювання навичок в нових умовах повітряної обстановки та нестандартних ситуаціях);

3) *ускладнення* (введення в навчальну вправу ускладнюючих елементів: випадкових помилок, відказів; високого рівня навантаження та його динамічної зміни тощо);

Таблиця 2 – Типові помилки у швидкості реагування на ПКС/КС диспетчером РДЦ за типами ПКС

№	Помилки за типом ПКС/КС
1	Часова помилка в реагуванні на наявність ПКС/КС при попутному горизонтальному польоті конфліктуючих ПС на одному рівні (різниця в швидкостях польоту між ними може привести/привела до конфлікту).
2	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС в ситуації, коли конфліктуючі ПС слідували на курсах, що перетинаються, в горизонтальному польоті.
3	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС при слідуванні хоча б одного з ПС в змінному профілі польоту за траєкторіями, що перетинаються на попутному курсі на одному і тому ж маршруті польоту: 3.1) в наборі висоти; 3.2) в зниженні.
4	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС в ситуації, коли хоча б одне з конфліктуючих ПС слідувало на курсах, що перетинаються, зі зміною рівня польоту ПС: 4.1) в наборі висоти; 4.2) в зниженні.
5	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС в ситуації, коли хоча б одне з конфліктуючих ПС виконувало політ на зустрічному курсі з перетином зайнятого ешелону польоту: 5.1) в наборі висоти; 5.2) в зниженні.
6	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС в ситуації, коли конфліктуючі ПС виконували політ на зустрічному курсі в горизонтальному польоті на одному рівні (у випадку порушення порядку ешелонування одним із ПС).

Таблиця 3 – Типові помилки у швидкості реагування на ПКС/КС диспетчером РДЦ за обставинами розвитку ПКС/КС

№	Помилки за обставинами припущення
1	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС в ситуації відхилення ПС від заданої траєкторії польоту з вини пілота, який не вніс необхідних змін до поточного плану польоту ПС або внаслідок несправності бортового устаткування при: 1.1) бічному відхиленні ПС від траси; 1.2) невитримуванні швидкісного режиму; 1.3) невитримуванні розрахункового часу прольоту наступної контрольної точки.
2	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС в ситуації незапланованої зміни параметрів польоту ПС внаслідок помилки під час зв'язку з пілотом ПС при: 2.1) наданні дозволу або вказівки не тому ПС, якому передбачалося; 2.2) отриманні вірного підтвердження своєї вказівки від пілота не того ПС, якому призначалася вказівка; 2.3) відсутності корегування або невірному виправленні підтвердження з помилкою з боку екіпажа ПС.
3	Часова помилка в реагуванні на ПКС/КС між ПС, що затверджені до польотів з RVSM та ПС, що немає такого допуску: 3.1) диспетчер надав дозвіл на вхід у ПП RVSM цивільному ПС, що не затверджене до польотів з RVSM з витримуванням мінімуму RVSM (1000ф); 3.2) диспетчер надав дозвіл державному ПС на зайняття рівня з RVSM, що не мало відповідного затвердження.
4	Часова помилка в реагуванні на КС, надавши вказівку на зміну рівня польоту ПС занадто пізно, що призвело до «levelbust» (несанкціонованому вертикальному відхиленню більш ніж на 300 футів (в ПП з RVSM 200 футів) від дозволеного рівня польоту ПС), або коли ПС, що набирало висоту або знижувалося, не вдалося вирівнятися точно на заданому рівні.
5	Часова помилка в реагуванні на створений конфлікт в суміжній зоні відповідальності при: 5.1) направленні двох чи декількох ПС, що виконували політ на одному рівні, в одну точку виходу без зміни ешелону; 5.2) призначенні невірної точки виходу ПС з сектору, наданням вказівки без повторної перевірки запланованого маршруту та направленням ПС за незапланованим маршрутом.

4) *розширення* (інтегрування часткового навичку до комплексного навичку).

При цьому необхідно враховувати новизну навичку, що формується.

Оскільки рішення ПКС авіадиспетчером передбачає вибір найбільш раціонального методу, то і до вправ, пов'язаних з вирішенням конфліктів повинні включатися завдання двох рівнів, спрямованих на відпрацювання:

1) навичку вибору оптимального способу і шляху вирішення завдань з вирішення ПКС у штатних умовах;

2) навичку вибору оптимального способу і шляху вирішення завдань з вирішення ПКС в умовах невизначеності.

В основі процедури корекції навчальної діяльності на тренажерах лежать окремі навчальні дії, з яких формуються *індивідуальні стратегії діяльності*. Після проведення вхідного або поточного конт-

ролю, оцінювання та аналізу типових помилок, система, у загальному випадку, може сформувати та рекомендувати такі базові навчальні дії:

1) опрацювання пунктів нормативних документів, які були порушені в ході виконання навчального завдання;

2) повторне виконання вправи, в якій були зроблені помилки;

3) виконання нової вправи з ситуаціями при вирішенні яких були зроблені помилки.

Вхідна вправа є комплексною, що включає в себе всі можливі типи ПКС/КС. Корекція здійснюється в контексті помилок, зроблених за певним типом ПКС, починаючи від режиму «Відновлення» (здійснюється формування та закріплення навичок) і завершуючи виконанням вправи в режимі «Вдосконалення» (табл. 4). В режимах «Підвищення», «Допрацювання» та «Підтримання» поступово реалізуються механізми формування, закріплення і по-

глиблення набутих навичок. Режим «Вдосконалення» пов'язаний з введенням до ІСД складних ПКС та найбільш ускладнюючих елементів діяльності (імітація відмов, помилок тощо) на фоні підвищеного навантаження та його різких коливань. Режим стає доступним лише при безпомилковому вирішенні «простих» ПКС відповідного типу, тобто ПКС

між паровою ПС або групових ПКС низької складності ідентифікації та вирішення. Коли всі ПКС опрацьовано, пройдено режим «Вдосконалення», здійснюється перехід до виконання вправи з різними типами ПКС, але вже для формування комплексного навичку з вирішення ПКС, таким чином здійснюється «розширення» навичку.

Таблиця 4 – Структура адаптивної тренажерної підготовки авіадиспетчерів на прикладі відпрацювання завдань з вирішення ПКС

Режим	Етап/ Результат тренажу	Критерії оцінки, за якими були зроблені помилки	Приклади окремих дій* (нумерація згідно переліку)
Відновлення/ Refresher (R)	1 етап > 4 помилок / грубі порушення з позиції БП. «2 ⁵ », 1R ₂ ⁵	(TI)	1, 2, 3 + 10... (1R ₂ ⁵ (TI))
		(OM)	1, 2, 3 + 16... (1R ₂ ⁵ (OM))
		(CO)	1, 2, 3... (1R ₂ ⁵ (CO))
	2 етап > 2 помилок / грубі порушення з позиції БП. «2 ³ », 2R ₂ ³	(TI)	1, 2, 3 + 10... (2R ₂ ³ (TI))
		(OM)	1, 2, 3 + 16... (2R ₂ ³ (OM))
		(CO)	1, 2, 3... (2R ₂ ³ (CO))
Підвищення/ Advance (A)	1 етап 4 помилки «3 ⁴ », 1A ₃ ⁴	(TI)	4, 5 + 10, 11... (1A ₃ ⁴ (TI))
		(OM)	4, 5 + 17... (1A ₃ ⁴ (OM))
		(CO)	4, 5... (1A ₃ ⁴ (CO))
	2 етап 2 помилки «3 ² », 2A ₃ ²	(TI)	4, 5 + 10, 11... (2A ₃ ² (TI))
		(OM)	4, 5 + 17... (2A ₃ ² (OM))
		(CO)	4, 5... (2A ₃ ² (CO))
Доопрацювання/ Finalization (F)	1 етап 3 помилки «4 ³ », 1F ₄ ³	(TI)	4, 5, 6 + 11, 12... (1F ₄ ³ (TI))
		(OM)	4, 5, 6 + 17... (1F ₄ ³ (OM))
		(CO)	4, 5, 6... (1F ₄ ³ (CO))
	2 етап 1 помилка «4 ¹ », 2F ₄ ¹	(TI)	4, 5, 6 + 11, 12... (2F ₄ ¹ (TI))
		(OM)	4, 5, 6 + 17... (2F ₄ ¹ (OM))
		(CO)	4, 5, 6... (2F ₄ ¹ (CO))
**	1 етап 1-2 помилки, «5 ¹⁻² », 1M ₅ ¹⁻²	(TI)	4, 5, 6, 7 + 11, 12, 13... (1M ₅ ¹⁻² (TI))
		(OM)	4, 5, 6, 7 + 17... (1M ₅ ¹⁻² (OM))
		(CO)	4, 5, 6, 7... (1M ₅ ¹⁻² (CO))
***	2 етап, Без помилок, «5 ⁰ », 2I ₅ ⁰	(TI)	4, 5, 6, 7, 8, 9 + 11, 12, 13, 14, 15... (2I ₅ ⁰ (TI))
		(OM)	4, 5, 6, 7, 8, 9 + 17... (2I ₅ ⁰ (OM))
		(CO)	4, 5, 6, 7, 8, 9 + 18, 19, 20... (2I ₅ ⁰ (CO))

(TI) - критерій швидкості реагування; (OM) - критерій оптимальності; (CO) - критерій безпомилковості.

* Перелік окремих дій наведений для прикладу та не є вичерпним. Крім того, на 2-му етапі тренажу поданий перелік стосовно конфліктного УПР доповнюється елементами діяльності, що мають відношення до роботи авіадиспетчера при виникненні аварійних ситуацій на борту ПС.

** Підтримання / Maintaining (M).

*** Вдосконалення / Improvement (I).

До окремих дій, тобто варіативних компонент, з яких формуються ІСД з вирішення авіадиспетчером ПКС в тренажерній системі, відносяться: 1. За всіма критеріями (універсальна група):

- опрацювання пунктів нормативних документів, що стосуються забезпечення норм ешелонування ПС.

- повторний перегляд льотно-технічних характеристик (ЛТХ) ПС (зокрема, горизонтальних, вертикальних швидкостей набору/зниження) та їх обмежень.

Повторне виконання тієї ж самої вправи: умови існування та параметри ПКС, при вирішенні яких були зроблені помилки, залишаються без змін.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, при вирішенні яких були зроблені помилки, але зі зміненими параметрами існування таких ситуацій: час, місце, повітряні судна: їх позивні, ЛТХ, допуск до польотів у ПП з RVSM, маршрути польоту тощо.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, при вирішенні яких були зроблені помилки, але з генеруванням незначних незапланованих змін у планах польоту ПС в ході виконання польоту, які не призведуть до руйнування «запланованих» ПКС.

- виконання нової вправи зі зміненими зовнішніми умовами виникнення та розвитку ідентичних ПКС, при вирішенні яких були зроблені помилки: введення складних метеоумов або їх швидких змін, обмежень на використання повітряного простору, підвищеної інтенсивності повітряного руху, інших ускладнюючих факторів.

- виконання нової вправи з груповими ПКС, у складі яких мають місце ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, при чому всі ПС, що «задіяні» у ПКС, мають приблизно однакові ЛТХ.

- виконання нової вправи з груповими ПКС, у складі яких мають місце ПКС того типу, в ході і-

нування яких були зроблені помилки, за участю одночасно декількох ПС з різними ЛТХ.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, в умовах «пікового» навантаження (різкий перехід від низької інтенсивності до високої і навпаки з характерними ПКС).

2. За критерієм своєчасності:

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, із заздалегідь деактивованою функцією STCA.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, на вході чи на виході ПС із зони відповідальності авіадиспетчера.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з генеруванням «хибних» сповіщень функції STCA у випадкові моменти часу.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з неспрацюванням функції STCA при існуванні реальних ПКС або короткостроковим зникненням сповіщень у довільні моменти часу.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з генеруванням несподіваних маневрів ПС у вертикальній або горизонтальній площині.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з генеруванням нестійкої роботи системи спостереження повітряного руху, перешкод та/або засвічень на індикаторі.

3. За критерієм оптимальності:

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, при чому умови існування та вирішення таких ПКС передбачають їх вирішення чітко визначеним способом.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, при чому обов'язковою умовою вирішення таких ПКС є вибір оптимального методу їх вирішення (діючі

умови та обмеження повітряної обстановки надають таку можливість).

4. За критерієм безпомилковості:

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з імітуванням суттєвих відхилень польоту ПС від плану польоту та умов диспетчерського дозволу.

- виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з генеруванням випадкових помилок з боку пілотів ПС, суміжних органів тощо, пов'язаних з правилами радіообміну та застосуванням фразеології радіообміну.

Виконання нової вправи з ПКС того типу, в ході існування яких були зроблені помилки, з імітуванням «засміченості» зв'язку.

Для запобігання виникнення ефекту інтерференції навичок або їх негативного переносу (при заміщенні «старих» навичок новими) та для більш свідомого формування нових навичок, застосовується загальний підхід до формування ІСД в режимі «Відновлення», а саме: виконання нової вправи з ПКС, що передбачають застосування нових навичок їх вирішення, з обов'язковим коментуванням (поясненням) авіадиспетчером своїх дій.

При формуванні корекційної вправи розглянуті дії можуть комбінуватися в залежності від зроблених авіадиспетчером помилок за певним критерієм оцінки та більше, ніж за одним критерієм оцінки.

Висновки

Таким чином, структурована множина режимів навчання, типових помилок за відповідними критеріями оцінки та окремих дій формує адаптований напрям і характер навчання у вигляді ІСД. Подальшими напрямками дослідження вважаємо визначення вагових коефіцієнтів важливості кожної помилки за відповідним критерієм оцінки та вагові коефіцієнти складності окремих дій. Сукупність помилок та їх причин, варіативні елементи діяльності з відповідними вагами складатимуть основу моделі вибору ІСД за відповідними критеріями оцінки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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 (accessed 03.05.2018).
2. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81. – DOI : <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075>
3. Коваленко А.А. Использование временных шкал при аппроксимации длины очередей компьютерных сетей / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук, И.В. Рубан // Современное состояние научных исследований и технологий в промышленности. – 2018. – № 2(4). – С. 12-18. – DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.012>
4. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку: Збірник наукових праць – Полтава : ПНТУ, 2018. – № 1 (47). – С. 110-113. – DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
5. 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-foradaptive-e-learning-systems.pdf (accessed 03.05.2018).

6. Борсук, С. П. Адаптивне навчання операторів на функціональному тренажері [Текст] : автореф. дис. канд. тех. наук : 05.07.14 / Борсук Сергій Павлович; Нац. авіац. ун-т. - К., 2011. - 23 с.
7. Принципы построения перспективных тренажерных систем подготовки операторов АСУ динамическими объектами [Электронный 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. - 03 травня 2018.
8. 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.
9. Чинченко, Ю. В. Модели і алгоритми автоматизованого управління рівнем готовності авіадиспетчерів до дій в кризових ситуаціях [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / Чинченко Юрій Володимирович ; Національний транспортний ун-т. - К., 2004. - 20 с.
10. Математические основы эргономических исследований : монография / П. Г. Бердник, Г. А. Кучук, Н. Г. Кучук, Д. Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. – Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.
11. Model-based performance evaluation of STCA operations: Interimreport (Phase 2). – PASS/WA2/WP9/137/D, ver. 1.1, February 2010. – 79 p.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. В. Шостак,
Національний аерокосмічний університет "ХАІ", Київ
Received (Надійшла) 31.10.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.11.2018

Декомпозиция деятельности диспетчера управления воздушным движением в адаптивной тренажерной системе

К. Ю. Сурков

Применение адаптивных обучающих систем является направлением совершенствования учебной деятельности диспетчеров управления воздушным движением, в частности на тренажерах. Доказано, что адаптивное обучение, которое включает искусственный интеллект и гибкие механизмы формирования индивидуально-адаптированных упражнений, повышает эффективность обучения по сравнению с традиционным обучением. Кроме того, применение адаптивного обучения позволяет сэкономить на расходах на профессиональную подготовку авиадиспетчеров за счет сокращения времени ее проведения без снижения ее эффективности. Процесс адаптации состоит из трех этапов: извлечение информации о пользователе, обработка информации для инициализации и обновления модели пользователя и использования модели пользователя для обеспечения адаптации. Одной из главных проблем существующих исследований в области интеллектуальных обучающих систем является то, что в них не в полной мере исследованы вопросы формирования индивидуальных стратегий деятельности авиадиспетчеров на уровне моделей и алгоритмов для обеспечения эффективной обратной связи на протяжении всех этапов их профессиональной подготовки. В существующих тренажерных системах обслуживания воздушного движения не реализована задача коррекции учебной деятельности. В статье рассмотрены возможности формирования адаптивного характера и направления обучения в виде индивидуальных стратегий деятельности с помощью структурированной множества режимов обучения, типичных ошибок по соответствующим критериям оценки и отдельных действий. Дальнейшими направлениями исследования можно считать определение весовых коэффициентов важности каждой ошибки по соответствующему критерию оценки и весовые коэффициенты сложности отдельных действий. Разработка механизмов наблюдения и анализа совокупности ошибок и их причин.

Ключевые слова: авиадиспетчер, адаптивные обучающие системы, индивидуализация обучения, критерии оценивания.

Decomposition of the activity of the air traffic control manager in the adaptive training system

K. Surkov

The use of adaptive learning systems is a direction for improving the training activities of air traffic control controllers, in particular on simulators. It is proved that adaptive learning, which includes artificial intelligence and flexible mechanisms for the formation of individually-adapted exercises, increases the effectiveness of learning compared with traditional training. In addition, the use of adaptive learning can save on the cost of training air traffic controllers by reducing the time spent without reducing its effectiveness. The process of adaptation consists of three phases: extracting user information, processing information for initialization, and updating the user model and using the user model for adaptation. One of the main problems of existing research in the field of intellectual educational systems is that they do not fully investigate the issue of the formation of individual strategies for air traffic controllers at the level of models and algorithms to provide effective feedback throughout all stages of their professional training. In the existing aeronautical training systems, the task of correction of educational activity is not realized. In the article the possibilities of forming an adaptive character and direction of study in the form of individual strategies of activity are examined with the help of structured set of study modes, typical errors according to the relevant criteria of evaluation and individual actions. Further research directions can be considered determination of weight coefficients of the importance of each error according to the relevant criterion of evaluation and weighting factors of the complexity of individual actions. Development of mechanisms for observing and analyzing the set of errors and their causes.

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