

Л. М. ДЖУМА¹, О. М. ДМІТРІЄВ¹, О. С. ЛАВРИНЕНКО², М. Ю. СОРОКА¹

Льотна академія Національного авіаційного університету, Україна

Регіональний структурний підрозділ «Київцентраеро» Украероруху, Україна

МЕТОД ФОРМУВАННЯ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ СУБ'ЄКТА НАВЧАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «ДИСПЕТЧЕР TOWER»

Стрімкий розвиток інформаційних технологій істотно впливає на всі сфери діяльності людини, а за умови впровадження їх в підготовку авіаційних фахівців виникає можливість перенесення акценту на самостійну роботу суб'єкта навчання. Інтелектуальна навчальна система «Диспетчер Tower», розробка якої ведеться на кафедрі інформаційних технологій Льотної академії Національного авіаційного університету, націлена забезпечити таку можливість при підготовці диспетчера аеродромної диспетчерської вишки. Для того, щоб система відповідала сучасним вимогам до подібних інтелектуальних навчальних систем, вона повинна підтримувати користувача на етапі навчання і визначати рівень його знань на етапі контролю. Реалізація таких функцій стає можливою при впровадженні в систему поточної та еталонної моделей суб'єкта навчання (студента). Еталонна модель у процесі функціонування системи тісно взаємодіє з поточною моделлю, тим самим забезпечуючи фіксування помилок, допущених ним. На підставі помилок інтелектуальна система формує індивідуальну траєкторію підготовки суб'єкта навчання. Реалізація еталонної моделі, що є одним із основних завдань розробки вище згадуваної системи, стає можливою завдяки використанню запропонованого методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання, розгляд якого наводиться в цій статті. Запропонований метод складається з декількох етапів, кожен з яких в свою чергу являє собою систематизовану сукупність модифікованих (із урахуванням особливостей предметної області) відомих методів. Метод дозволяє отримати такі складові еталонної моделі суб'єкта навчання як перелік технологічних операцій, правильність виконання яких повинна контролюватися з точки зору якісних і кількісних показників; порядок (алгоритм) виконання технологічних операцій в залежності від ситуації, яка визначається повітряною і наземною обстановкою, льотно-технічними характеристиками повітряного судна, погодними умовами і т.ін.; модель циркуляції інформаційних потоків на робочому місці даного фахівця, а також референсні значення часу, що витрачається на кожну технологічну операцію, щоб забезпечити можливість об'єктивного автоматичного оцінювання операторської діяльності суб'єкта навчання.

Ключові слова: еталонна модель суб'єкта навчання; авіадиспетчер; інтелектуальна навчальна система; технологічні операції; модель циркуляції інформаційних потоків; закономірності.

Вступ

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 [1]. Згідно «Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 – 2019» більше 50% випадків відбувається на етапах зльоту і посадки повітряного судна [2]. Безпека польотів – це головне завдання, забезпечення якого покладається на технічний персонал із підготовки повітряних суден перед вильотом, на екіпаж, а також на органи обслуговування повітряного руху, отже, не мала кількість часу й коштів виділяється на професійну підготовку згаданого авіаційного персоналу.

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 [3-5]. Необхідність такої автоматизації розглядалася в роботі [6] в контексті шляхів вдосконалення методів тренування із метою підвищення гнучкості систем тренування, їхньої функціональності й реакційної здатності. Відповідно до даної роботи, можливість запровадження тематичного оцінювання тренувального процесу, автоматизація процесу формування вправ, а також використання тренажерів відпрацювання часткових завдань впливає на наступні аспекти:

Удосконалення підготовки вправ. На сьогоднішній день процес підготовки вправ зазвичай об-

межується введенням планів польоту в тренажерну систему, елементи яких в подальшому змінюються, щоб сформувати необхідну повітряну обстановку для отримання й підтримання конкретних навичок того, хто навчається (зближення бортів, висока інтенсивність польотів у секторі та ін.) Нестача методичних розробок призводить до довгого процесу формування вправ без чіткого уявлення про цілі, навчальне наповнення й систему оцінювання.

Об'єктивне оцінювання. Для об'єктивного оцінювання необхідно мати чіткі завдання на тренування, певні критерії оцінювання й чіткі показники. На даний момент оцінювання залежить від окремих людей (інструкторів / експертів) і тому завжди є суб'єктивним. Засоби комп'ютерного оцінювання часто забезпечують більш стандартизоване і об'єктивне оцінювання при «діагностуванні» рівня знань або виявленні причин помилок.

Оптимізація обсягів тренувань. Обмеження обсягів тренувань обумовлено використанням тренажерів:

- їхньою пропускну здатністю в тренажерних центрах;
- кількістю інструкторів і псевдо-пілотів;
- часом на створення і виправлення вправ;
- труднощами у формуванні та оцінці навчального наповнення вправ.

Оптимізація використання тренажерів. Правильне застосування відповідно підібраних засобів допоможуть задовольнити навчальні потреби студентів на кожному етапі і, як наслідок, вплинути на оптимізацію обсягів тренувань [6, 7].

Щоб доповнити тренажерну підготовку фахівців аеродромної диспетчерської вишки (АДВ) на кафедрі інформаційних технологій Льотної академії Національного авіаційного університету ведеться розробка інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower», яка передбачає роботу в режимах демонстрації, навчання та контролю знань. Практичне значення даної системи навчання обґрунтовано в роботі [8] як метод підвищення якості управління повітряним рухом операторами систем навігаційного обслуговування та управління рухом.

Для реалізації режимів навчання і контролю знань в системі, необхідна імплементація такого компонента як еталонна модель. *Еталонна модель* в процесі функціонування системи тісно взаємодіє з *поточною моделлю* суб'єкта навчання, тим самим забезпечуючи фіксування помилок, допущених ним. На підставі помилок інтелектуальна система формує індивідуальну траєкторію підготовки суб'єкта навчання.

Формування еталонної моделі з використанням метода аналізу діяльності оператора при обробці інформації про стан об'єкта управління й формування рішень в автоматизованій системі інформаційного забезпечення управління повітряним рухом розглядається в роботі [9]. Авторами пропонується проведення дослідження діяльності оператора за рахунок проведення імітаційного моделювання його діяльності. Згідно з результатами роботи, імітаційна модель дозволяє враховувати груповий характер діяльності при оцінці повітряної обстановки, властивості оператора з обробки й декодування інформації, відображати особливості його роботи з різними пристроями відображення інформації, враховувати необхідні витрати часу на виконання дій щодо перетворення інформаційної моделі в концептуальну модель. Модель діяльності оператора при оцінці повітряної обстановки на робочому місці представлена графом. У графі вершини відповідають подіям, наприклад, "інформація, представлена на великому екрані, сприймається", "введення команд в електронно-обчислювальну машину здійснене", в той час як ребра відповідають ймовірності переходу від однієї події до іншої, і містять інформацію про час, що витрачається на перехід. Дана модель дозволяє здійснити імітаційне моделювання сприйняття оператором інформації, представленої на робочому місці, визначити витрати часу на виконання окремих операцій і комплекс операцій, але при цьому встановити порядок і послідовність виконуваних дій не представляється можливим.

В роботі [10] розглядається проект вдосконалення програм навчання операторів шляхом оцінки роботи людини в порівнянні з оптимальною моделлю оператора, описаною за допомогою теорії оптимального управління. Авторами пропонується розробити ідеалізовану енергосистему з системою управління, використовуючи наступну процедуру:

1. Розробити просту робочу станцію оператора енергосистеми на основі тренажера реального часу, що підтримує ідентифікацію простих завдань, які виконуються оператором.

2. Спроекувати систему контролю взаємодії людини з комп'ютером і впровадити її в розроблену робочу станцію.

3. Порівнюючи показники реального оператора і оптимальної моделі, оцінити її продуктивність, і як результат розглядати цю оптимальну модель як еталонну модель оператора.

В роботі [11] еталонна модель системи будуватиметься, як і в попередньому випадку, на отриманих знаннях від експерта в процесі взаємодії з нею, тим самим формуючи і перебираючи безліч рішень.

Модель людини-оператора, що запропонована в роботі [12], розроблена для аналізу дій екіпажу повітряного судна при заході на посадку і містить наступні підсистеми: підсистему моніторингу дій, підсистему обробки інформації, підсистему прийняття рішень (вибір процедури) і підсистему виконання дій.

Основним завданням *підсистеми моніторингу дій* є облік сенсорних обмежень оператора (тобто розподіл його уваги). Оператор не може одночасно обробляти всі джерела інформації і тому дана підсистема стежить, яким джерелам «приділяється увага» оператором при виконанні конкретних технологічних операцій.

Підсистема обробки інформації є так званим «інформаційним процесором», який, в свою чергу, складається з двох підмоделей, «оцінювача» і «детектора дискретних подій». Оцінювач представлений змінним в часі фільтром Кальмана. Метою і завданням «детектора дискретних подій» є встановлення набору правил, які будуть описувати елементарні дії в певній послідовності, на основі вихідних даних завдання, що вимагає рішення.

Підсистема виконання дій включає ряд процедур або завдань, які можуть виконуватися в кожен момент. Ці процедури можуть бути досить загальними, наприклад, «керувати літаком» або «контролювати заходження на посадку», або можуть бути досить конкретними, наприклад, виконання певного контрольного списку або запит конкретної настройки закрилків повітряного судна.

Застосування зазначених вище підходів до вилучення знань і, як наслідок, формування еталонних моделей, є частково прийнятними і в повному обсязі впроваджуються тільки для добре документованих і структурованих предметних областей, які не належать до складних неперервно-дискретних стохастичних динамічних систем зі змішаною структурою. При використанні теорії оптимального управління та функціонально-структурної теорії, опис систем проводиться за допомогою математичної моделі, що є досить складним і малоінформативним підходом для представлення процесу прийняття рішення в системі обслуговування повітряного руху.

Постановка задачі

Беручи до уваги, що професійна діяльність диспетчера представляє складну безперервно-дискретну стохастичну динамічну систему зі змішаною структурою, а предметна область є добре документованою і середньо структурованою, розробка

методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання даної спеціалізації, для подальшої імплементації її в інтелектуальну навчальну систему «Диспетчер Tower» є центральним завданням. З огляду на особливості попередніх досліджень, метод, який розроблюється, повинен забезпечувати отримання достатнього інформаційного масиву даних, для опису об'єкта з боку кількісних і якісних характеристик. Крім того, подання еталонної моделі повинно мати наочний вид для відображення процесу прийняття рішення оператором. Так само, важливою вимогою до результатів еталонної моделі, що формується, є наявність *моделі циркуляції інформаційних потоків* на робочому місці оператора. Це дозволить описати сенсорні обмеження оператора і визначити джерела інформації, що використовуються при виконанні ним кожної з технологічних операцій.

Метою статті є представлення запропонованого методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower», робота над якою ведеться на даний момент.

Опис методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання

Діяльність авіадиспетчера прийнято вважати операторською, оскільки в процесі своєї роботи він вирішує завдання контролю, управління, передачі або перетворення інформації, взаємодіє з технічними пристроями й зовнішнім середовищем за допомогою різноманітних спеціальних засобів відображення інформації та органів управління [13]. Тому розглядати вище згаданого фахівця в даній галузі будемо в контексті «людини-оператора».

Метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання, що пропонується (рис.1.), умовно можна розділити на чотири етапи:

- I етап – збір і вилучення знань;
- II етап – аналіз і структурування виявлених даних;
- III етап – виявлення закономірностей та формалізація отриманих моделей;
- IV етап – аналіз отриманих результатів.

Збір і вилучення знань. Даний етап передбачає отримання найбільш повного з можливих уявлень про предметну область і способи прийняття рішень в ній [14], де на основі аналізу проблемної області виявляються використовувані поняття та їхні взаємозв'язки, визначаються способи вирішення завдань. На цьому етапі використовуються класичні методи виявлення знань, а саме комунікативні (ак-

тивні та пасивні) й текстологічні. При виборі методу варто враховувати три фактори: особистісні особливості інженера по знаннях, особистісні особливості експерта й характеристика предметної області (добре/середньо/слабо документована), але при цьому поділ цих методів на верхньому рівні класифікації (комунікативні або текстологічні) не означає їх протилежностей, часто інженер по знаннях комбінує різні методи, наприклад, спочатку вивчає літературу, потім проводить бесіду з експертами або навпаки. Також важливим фактором, для вибору методів виявлення знань, є визначення ступеня структурованості предметної області (добре/середньо/слабо структурована).

Для виявлення знань у предметній області, де ключовим елементом системи є «людина-оператор» пропонується використання наступних методів:

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

Залежно від характеру й структурованості предметної області, дані, отримані на основі інтерв'ювання та анкетування, не завжди можуть дозволити представити технологічний процес у достатньому обсязі для формування адекватної еталонної моделі

суб'єкта навчання. При цьому отриманий результат дозволяє реалізувати свого роду підготовчий етап для проведення хронометражу:

- вивчення технології виконання роботи, трудового процесу відповідно до інструкції і фактичного виконання;
- декомпозиція досліджуваної діяльності на складові елементи і технологічні операції;
- отримання попередніх оцінок часу, що витрачається на виконання цих операцій;
- визначення чітких меж складових елементів – фіксажних точок;
- формування наглядного листа – хронологічної карти.

Для отримання більш детального опису діяльності людини-оператора пропонується використання комбінованого метода хронометражу, що передбачає застосування двох різних підходів, які, відповідно до класифікації Г. Архангельського [15], називаються:

- хронометраж з використанням контрольно-записувальної апаратури (метод диктофона, магнітофона);
- хронометраж способом безпосереднього спостереження з відеозаписом робочого процесу або самостійного спостереження (так званий паперовий метод).



Рис. 1. Структура методу формування еталонної моделі суб'єкта навчання (прим.: блоки, позначені сірим кольором – результати роботи методу по етапах)

Також на даному етапі ефективно використувати додаткові методи вилучення знань [14] такі, як аналіз літератури, діалоги з експертами, експертні ігри, лекції, дискусії та ін., що, в комплексі дозволяє інженеру по знаннях більш глибоко представити досліджувану предметну область.

Наступним кроком при формуванні еталонної моделі є етап *аналізу і структурування виявлених даних*. Він 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. Такий опис називають *полем знань* [14].

На даному етапі результати проведення комбінованого хронометражу професійної діяльності людини-оператора піддаються розшифруванню й аналізу результатів/даних, а саме, представлення їх у вигляді тексту й визначення часу, що витрачається на кожну технологічну операцію. Розшифровані й проаналізовані дані уніфікуються – наводяться до єдиної системи, форми, однаковості [16]. Крім цього, спосіб хронометражу у вигляді безпосереднього спостереження з відеозаписом робочого процесу або самостійного спостереження дозволяє виявити аферентні (отримання і передача команд і т. ін.) та еферентні (натискання кнопок, введення даних і т. ін.) оператори кожної технологічної операції, але при цьому часові показники операцій є менш точними, ніж у випадку проведення хронометражу з використанням контрольно-записувальної апаратури. Визначення часу, що витрачається на кожну технологічну операцію, в свою чергу, забезпечує масив даних для проведення первинного статистичного аналізу. На цьому етапі використовується метод описової статистики.

Метод формування еталонної моделі суб'єкта навчання у відповідності до етапів, з яких він складається, дозволяє отримати наступні результати:

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.

Формалізація отриманих моделей, або концептуалізація знань – етап, який передбачає подання отриманого масиву даних у вигляді таблиць, графів, формул, рівнянь та описів отриманих моделей системи [14]. Найбільш суттєвим різновидом формалізації є логічна формалізація, яка означає представлення розумового змісту за допомогою логічних форм. Логічна формалізація часто використовується з метою складання програм для електронно-обчислювальних машин та спроб моделювання мислення. У цьому випадку застосовуються спеціальні алгоритмічні мови.

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 (алгоритм) в залежності від ситуації, (в разі, коли предметною областю є професійна діяльність диспетчера АДВ, то це повітряна й наземна обстановки, льотно-технічні характеристики повітряного судна, погодні умови і т. ін.);

– формується модель циркуляції інформаційних потоків на робочому місці людини-оператора.

На основі перелічених вище технологічних операцій, їхніх часових характеристик і переліку їхнього виконання, а також моделі циркуляції інформаційних потоків формується еталонна модель суб'єкта навчання для інтелектуальної навчальної системи. Отримані закономірності сприяють реалізації стохастичності й динамічності моделі, яка формується, тим самим розширюючи її функціональність і різномірність щодо вирішуваних завдань.

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

Суть імітаційного моделювання полягає в описі компонентів реальної системи, які мають певний логіко-математичний характер, і являє собою сукупність алгоритмів, які імітують функціонування цієї системи. Програма моделі, побудована на основі цих алгоритмів, дозволяє звести імітаційне моделювання до проведення експериментів на персональному комп'ютері шляхом їх «прогону» на деякій множині вхідних даних, що імітують первинні події, які відбуваються в системі. Інформація, яка фіксується в процесі дослідження імітаційної моделі, до-

звляє визначити потрібні показники, що характеризують ефективність досліджуваної системи [16].

Для забезпечення відповідної точності й достовірності результатів моделювання необхідна перевірка адекватності та (або) верифікація моделі. Метою названих процедур є встановлення ідентичності в певному сенсі (за програмними цілями, функціями, завданнями, операціями, статичним і динамічним параметрам, показниками і т. п.) моделі та реального об'єкта або встановлення ідентичності двох моделей. Перевірка адекватності отриманої моделі може бути виконана з використанням формальних (з використанням формальних статистичних критеріїв) та/або неформальних методів (логічне порівняння окремих властивостей реального процесу) [17].

Перевірка адекватності формальним методом статистичних критеріїв двох ідентичних ситуацій реальної та імітаційної системи має на увазі порівнювання статистичних показників отриманих результатів, якщо така можливість є. У разі, коли неможливо сформулювати ідентичні ситуації двох систем (імітаційної і реальної), порівнюються статичні показники (середнє значення й варіація) комплексу прогонів отриманої імітаційної моделі і даних хронометражу реальної системи.

Верифікація, в свою чергу, також є одним з методів перевірки імітаційної моделі, основною метою якої є встановлення правильності розробленої програми, формальний або практичний доказ її правильної працездатності на комп'ютері [18]. Для перевірки адекватності отриманої моделі для даного роду динамічних стохастичних людино-машинних систем оптимальним є прямий метод верифікації моделі – верифікація шляхом розробки моделі того ж об'єкта (його частин) з використанням іншого математичного методу, наприклад, методу критичного шляху GERT (GERT-мережі).

В результаті даного етапу визначаються відхилення й похибки отриманої моделі щодо реальної системи, визначається необхідність коригування моделі й формується висновок про адекватність і валідність сформованої еталонної моделі.

Висновки

Запропонований метод до формування еталонної моделі суб'єкта навчання пройшов апробацію [19-21] та використаний для розробки еталонної моделі суб'єкта навчання інтелектуальної навчальної системи «Диспетчер Tower». Метод дозволив отримати основу еталонної моделі, а саме:

– розширений перелік (комплект) технологічних операцій, правильність виконання яких описується з точки зору якісних і кількісних показників;

– порядок виконання технологічних операцій в залежності від ситуації, а саме повітряної і наземної обстановки, льотно-технічних характеристик повітряного судна, погодних умов і т.ін., реалізований в наочному вигляді (графічне представлення алгоритму), для відображення процесу прийняття рішення авіадиспетчером;

– модель циркуляції інформаційних потоків, розроблену на основі аналізу робочого місця диспетчера аеродромної диспетчерської вишки, для якої виявлені закономірності циркуляції інформації;

– референсні значення часу, що витрачаються на виконання кожної з технологічних операцій. Основою для цих значень служать виявлені закономірності часових показників технологічних операцій діяльності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки.

Еталонній моделі суб'єкта навчання в процесі функціонування інтелектуальної навчальної системи призначено взаємодіяти з *поточною моделлю суб'єкта навчання*. В результаті їхньої взаємодії фіксуються помилки операторської діяльності суб'єкта навчання та формується вже *модель помилок суб'єкта навчання*. Це надає можливість реалізувати режим автоматичного об'єктивного контролю суб'єкта навчання з боку кількісної та якісної оцінки його рівня кваліфікації, та забезпечити користувача індивідуальною траєкторією підготовки.

Література

1. Садиков, Г. Н. *Психологическое содержание человеческого фактора в авиации [Текст] / Г. Н. Садиков // Гуманитарний часопис: сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2014. – Вып. 4. – С. 101-108.*
2. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959-2019 [Text]. – Boeing – Seattle, 2020. – 28 p.*
3. *Circular 241-AN/145. Human Factors Digest No. 8. Human Factors in Air Traffic Control [Text]. – ICAO, Montreal, Canada. – 1993. – 45 p.*
4. *Doc 9758-AN/966. Human Factors Guidelines for Air Traffic Management (ATM) Systems [Text]. – ICAO, 2000. – 135 p.*
5. *Doc 9859 AN/460. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст]. – ИКАО, 2013. – 300 с.*

6. *Современные технологии обучения. Дистанционное и тренажерное обучение [Текст]* / Д. М. Аксенов, Д. Г. Бабейчук, И. С. Быковец, В. М. Гладков, В. С. Демьянчук, А. А. Квашинин, В. А. Клименко, А. Г. Матвиенко, Э. В. Майкова, А. Н. Пестерников, Ю. И. Сидоренко, Ю. А. Черденниченко, Р. С. Чорненький, О. В. Швець, А. И. Яковлев. – К. : ГП ОВД Украины, 2005. – 120 с.

7. *Specification on Training Methods and Tools. Edition 1.0 [Text]*. – Eurocontrol, 2000. – 110 p.

8. Піліпюнок, О. М. *Метод підвищення якості управління повітряними суднами операторами систем навігаційного обслуговування й управління рухом [Текст]* : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.13 : захищена 28.07.2017 / Піліпюнок Оксана Миколаївна. – Кропивницький, 2017. – 265 с.

9. Павленко, М. А. *Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением [Текст]* / М. А. Павленко, П. Г. Бердник, И. Ю. Хромов // Системы обработки информации. – 2007. – № 1. – С. 78-82.

10. *Optimal operator training reference models for human-in-the-loop systems [Text]* / W. L. Hu et al. // *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*. – 2019. – P. 3524 – 3531.

11. Сирота, С. В. *Обучение понятиям в интеллектуальных обучающих системах на основе формального концептуального анализа [Текст]* / С. В. Сирота, Т. А. Таран // Искусственный интеллект. – 2000. – Т. 3. – С. 340-347.

12. PROCURU: *A model for analyzing crew procedures in approach to landing [Text]* / S. Baron et al. – *Work of the US Gov.*, 1980. – 221 p.

13. Стрелков, Ю. К. *Инженерная и профессиональная психология [Текст]* / Ю. К. Стрелков. – М. : Академия, 2001. – 360 с.

14. Гаврилова, Т. А. *Базы знаний интеллектуальных систем [Текст]* / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хоросhevский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.

15. *Тайм-менеджмент. Полный курс [Текст]* : Учебное пособие / Г. А. Архангельский, М. А. Лукашенко, Т. В. Телегина, С. В. Бехтерев. – М. : Альпина Паблишер, 2012. – 311 с.

16. *Большая советская энциклопедия. Современный толковый словарь [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://bse.sci-lib.com/> – 18.12.2020.

17. Липатова, Н. Г. *Имитационное моделирование процессов таможенного контроля [Текст]* / Н. Г. Липатова. – М. : Изд-во Российской таможенной академии, 2015. – 164 с.

18. Яцкив, И. В. *Проблема валидации имитационной модели и ее возможные решения [Текст]* / И. В. Яцкив // *Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД 2003): Сборник докладов Пер-*

вой Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Санкт-Петербург. Октябрь 2003 г. Т. II. – СПб. : ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2003. – С. 211-217.

19. Джума, Л. Н. *Детализация технологических операций диспетчера АДВ с использованием метода хронометража [Текст]* / Л. Н. Джума, А. С. Лавриненко // *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем : матеріали IV Міжнарод. научн.-практ. конф. / М-во образования и науки Украины, Кировоградская летная академия Национального авиационного университета, Кировоград, 26-27 октября 2015 г. – Кировоград. – Изд-во КЛА НАУ, 2015. – С. 195-196.*

20. Джума, Л. Н. *Унификация технологических операций деятельности авиадиспетчера при разработке эталонной модели субъекта обучения [Текст]* / Л. Н. Джума, А. С. Лавриненко // *Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи: матеріали XXXVI Всеукраїнської научн.-практ. конф. молодих учених и курсантов, посвященной Всемирному Дню авиации и космонавтики, Часть 1 / М-во образования и науки Украины, Кировоградская летная академия Национального авиационного университета, Кировоград, 12 апреля 2016. – Кировоград. – Изд-во КЛА НАУ, 2016. – С. 201-202.*

21. Джума, Л. Н. *Выявление закономерностей циркуляции информационных потоков на рабочем месте диспетчера аэродромной диспетчерской вышки Tower [Текст]* / Л. Н. Джума, А. С. Лавриненко // *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем : матеріали V Міжнарод. научн.-практ. конф. / М-во образования и науки Украины, Кировоградская летная академия Национального авиационного университета, Кропивницький: 24-25 октября 2016. – Кропивницький. – Изд-во КЛА НАУ, 2016. – С. 94-96.*

References

1. Sadikov, G. N. *Psikhologicheskoe sodержanie chelovecheskogo faktora v aviatsii [The psychological content of the human factor in aviation]. Sbornik nauchnykh trudov NAU "KhAI" «Humanitarnyy chasopys» [Proc. of the NAU "KhAI" "Humanitarian Hour Writer"]*. Kharkov, 2014, vol. 4, pp. 101-108. (In Russian).

2. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959-2019*. Boeing, Seattle Publ., 2020. 28 p.

3. Circular 241-AN/145. *Human Factors Digest No. 8. Human Factors in Air Traffic Control*. ICAO, Montreal, Canada, 1993. 45 p.
4. Doc 9758-AN/966. *Human Factors Guidelines for Air Traffic Management (ATM) Systems*. ICAO, 2000. 135 p.
5. Doc 9859 AN/460. *Rukovodstvo po upravleniyu bezopasnost'yu poletov (RUBP)* [Doc 9859 AN/460. Safety Management Manual (SMM)]. ICAO, 2013. 300 p. (In Russian).
6. Aksenov, D. M., Babeychuk, D. G., Bykovets, I. S., Gladkov, V. M., Dem'yanchuk V. S., Kvashnin, A. A., Klimenko, V. A., Matvienko, A. G., Maykova, E. V., Pesternikov, A. N., Sidorenko Yu. I., Cherednichenko, Yu. A., Chornen'kiy, R. S., Shvets, O. V., Yakovlev, A. I. *Sovremennye tekhnologii obucheniya. Distantsionnoe i trenazhernoe obuchenie* [Modern teaching technologies. Distance and simulator training]. Kyiv, UkSATSE Publ., 2005. 120 p. (In Russian).
7. *Specification on Training Methods and Tools. Edition: 1.0*. Eurocontrol Publ., 2000. 110 p.
8. Pilip'onok, O. M. *Metod pidvyshchennya yakosti upravlinnya povitryanymy sudnamy operatoramy system navihatsiyonoho obsluhovuvannya y upravlinnya rukhom*. Dys. ... kand. tekhn. nauk [Method of improving the aircraft management of operators of the navigation service systems and traffic control. PhD tech. sci]. Kropyvnytskyi, 2017. 265 p. (In Ukrainian).
9. Pavlenko, M. A., Berdnik, P. G., Hromov, I. Ju. *Metod analiza dejatel'nsti operatora avtomatizirovannyh sistem upravlenija vozdušnym dvizheniem* [Method for analyzing the activities of the operator of automated air traffic control systems] *Systemy obrobky informatsiyi*, 2007, no. 1, pp. 78-82. (In Russian).
10. Hu, W. L. et al. Optimal operator training reference models for human-in-the-loop systems. *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2019, pp. 3524-3531.
11. Sirota, S. V., Taran, T. A. *Obuchenie ponjatijam v intellektual'nyh obuchajushhih sistemah na osnove formal'nogo konceptual'nogo analiza* [Learning concepts in intelligent learning systems based on formal conceptual analysis] *Iskusstvennyj intellekt*, 2000, vol. 3, pp. 340-347. (In Russian).
12. Baron, S. et al. PROCURU: A model for analyzing crew procedures in approach to landing. Work of the US Gov., 1980. 221 p.
13. Strelkov, Ju. K. *Inzhenernaja i professional'naja psihologija* [Engineering and professional psychology]. Moscow, Akademija, 2001. 360 p. (In Russian).
14. Gavrilova, T. A., Horoshevskij, V. F. *Bazy znanij intellektual'nyh sistem* [Knowledge bases of intelligent systems]. Saint Peterburg, Piter Publ., 2000. 384 p. (In Russian).
15. Arhangel'skij, G. A., Lukashenko, M. A., Telegina, T. V., Behterev, S. V. *Tajm-menedzhment. Polnyj kurs: Uchebnoe posobie* [Time management. Complete Course: Study Guide]. Moscow, Al'pina Publisher, 2012. 311 p. (In Russian).
16. *Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija. Sovremennyy tolkovyy slovar'* [Great Soviet Encyclopedia. Modern explanatory dictionary]. Available at: <http://bse.sci-lib.com/> (accessed 18.12.2020).
17. Lipatova, N. G. *Imitatsionnoe modelirovanie protsessov tamozhennogo kontrolya* [Simulation modeling of customs control processes]. Moscow Publishing house of the Russian Customs Academy, 2015. 164 p. (In Russian).
18. Yatskiv, I. V. *Problema validatsii imitatsionnoy modeli i ee vozmozhnye resheniya* [The problem of validating the simulation model and its possible solutions]. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika (IMMOD 2003): Sbornik dokladov Pervoy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po imitatsionnomu modelirovaniyu i ego primeneniyu v nauke i promyshlennosti. T. II*. [Simulation modeling. Theory and Practice (IMMOD 2003): Collection of reports of the First All-Russian sc. and pract. conf. on Simulation modelling and its application in science and industry. Part. II.]. St. Petersburg, 2003, pp. 211-217. (In Russian).
19. Dzhuma, L. N., Lavrinenko, O. S. *Detalizacija tehnologicheskikh operacij dispetchera ADV s ispol'zovaniem metoda hronometrazha* [Detailing of technological operations of the Tower controller using the timing method]. *Materyaly IV Mezhdunarodnoyi nauchno-praktysnoyi konferentsiyi "Upravlinnya vysokoshvydkisnymi rukhomymy ob'yektamy ta profesiyina pidhotovka operatoriv skladnykh system"* [Proc. 4th Int. sc. and pract. conf. "Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems"]. Kirovograd, 2015, pp. 195-196. (In Russian).
20. Dzhuma, L. N., Lavrinenko, O. S. *Unifikacija tehnologicheskikh operacij dejatel'nosti aviadispetchera pri razrabotke jetalonoj modeli sub#ekta obucheniya* [Unification of technological operations of an air traffic controller in the development of a reference model of the subject of training] *Materialy XXXVI Vseukrayins'koyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh i kursantiv, prysvyacheniy Vsesvitn'omu Dnyu aviatsiyi i kosmonavytyky "Aviatsiya ta kosmonavytyka: stan, dosyahnennya i perspektyvy" Chastyna 1* [Materials of the 36th All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and cadets, dedicated to the World Aviation and Astronautics Day "Aviation and astronautics: status, achievements and prospects" Part. 1]. Kirovograd, 2016. pp. 201-202. (In Russian).

21. Dzhuma, L. N., Lavrinenko, O. S. *Vyjavlenie zakonomernostej cirkuljacii informacionnyh potokov na rabochem meste dispetchera ajerodromnoj dispetcherskoj vyshki Tower* [Identification of regularities of information flows circulation at the Tower controller workplace]. *Materyaly IV Mezhdunarodnoi nauchno-praktysnoyi konferentsiyi*

“Upravlinnya vysokoshvydkisnymy rukhomymy ob”yektamy ta profesiyna pidhotovka operatoriv skladnykh system” [Proc. 5th Int. sc. and pract. conf. “Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems”]. Kropyvnytskyi, 2016, pp. 94-96. (In Russian).

Поступила в редакцию 12.07.2021, рассмотрена на редколлегии 09.08.2021

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ СУБЪЕКТА ОБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «ДИСПЕТЧЕР TOWER»

Л. Н. Джума, О. Н. Дмитриев, А. С. Лавриненко, М. Ю. Сорока

Стремительное развитие информационных технологий существенно влияет на все сферы деятельности человека, а при условии внедрения их в подготовку авиационных специалистов появляется возможность переноса акцента на самостоятельную работу субъекта обучения. Интеллектуальная обучающая система «Диспетчер Tower», разработка которой ведется на кафедре информационных технологий Летной академии Национального авиационного университета, нацелена обеспечить такую возможность при подготовке диспетчера аэродромной диспетчерской вышки. Для того, чтоб система соответствовала современным требованиям к интеллектуальным обучающим системам подобного рода, она должна поддерживать пользователя на этапе обучения и определять уровень его знаний на этапе контроля. Реализация таких функций становится возможной при внедрении в систему текущей и эталонной моделей субъекта обучения (студента). Эталонная модель в процессе функционирования системы тесно взаимодействует с текущей моделью, тем самым обеспечивая фиксирование ошибок, допущенных им. На основании ошибок интеллектуальная система формирует индивидуальную траекторию подготовки субъекта обучения. Реализация эталонной модели, что является одной из основных задач разработки вышеупомянутой системы, становится возможной благодаря использованию предложенного метода формирования эталонной модели субъекта обучения, рассмотрение которого приводится в данной статье. Предложенный метод состоит из нескольких этапов, каждый из которых в свою очередь представляет собой систематизированную совокупность модифицированных (с учетом особенностей предметной области) известных методов. Метод позволяет получить такие составляющие эталонной модели субъекта обучения как перечень технологических операций, правильность выполнения которых должна контролироваться с точки зрения качественных и количественных показателей; порядок (алгоритм) выполнения данных технологических операций в зависимости от ситуации, которая определяется воздушной и наземной обстановкой, летно-техническими характеристиками воздушного судна, погодными условиями и т.д.; модель циркуляции информационных потоков на рабочем месте данного специалиста, а также референсные значения времени, затрачиваемого на каждую технологическую операцию, обеспечивающие возможность объективного автоматического оценивания операторской деятельности субъекта обучения.

Ключевые слова: эталонная модель субъекта обучения; авиадиспетчер; интеллектуальная обучающая система; технологические операции; модель циркуляции информационных потоков; закономерности.

METHOD FOR FORMING A TRAINEE REFERENCE MODEL OF THE INTELLIGENT TRAINING SYSTEM "ATC OF TOWER"

L. Dzhuma, O. Dmitriiev, O. Lavrynenko, M. Soroka

The rapid development of information technologies significantly affects all spheres of human activity, and if they are introduced into the training of aviation specialists, it becomes possible to shift the emphasis to the subject of training (trainee) independent work. The intelligent training system "ATC of Tower", which is being developed at the Information Technologies Department of the Flight Academy of the National Aviation University, aims to provide such an opportunity when training an air traffic controller of airport traffic control tower (henceforth Tower controller). For the system to meet modern requirements for intelligent training systems of this kind, it must support the user at the training stage and determine the level of his knowledge at the control stage. The implementation of such functions becomes possible when the current and reference models of the subject of training are implemented into the system. The reference model in the process of system functioning closely interacts with the current model, thereby ensuring the fixation of mistakes made by the trainee. Based on mistakes, the intelligent system forms an individual training trajectory for the subject of training. The implementation of the reference model, which is one of the main tasks of the above-mentioned system development, becomes possible due to the use of the proposed meth-

od of forming the trainee reference model, which is discussed in this article. The proposed method consists of several stages, each of which is a systematized set of modified (taking into account the specifics of the subject area) known methods. The method allows one to obtain such components of the reference model of the learning subject as the list of technological operations, the correctness of which must be monitored from the point of view of qualitative and quantitative indicators; the procedure (algorithm) for performing these technological operations, depending on the situation, which is determined by the air and/or ground situation, aircraft performance characteristics, weather conditions, etc.; information flows circulation model at the workplace of a given specialist, as well as reference values of the time spent on each technological operation, which provides the possibility of an objective automatic assessment of the operator's activity of the trainee.

Keywords: trainee reference model; air traffic controller; intelligent training system; technological operations; information flows circulation model; regularities.

Джума Людмила Миколаївна – канд. техн. наук, доц., доц. каф. інформаційних технологій, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна.

Дмитрієв Олег Миколайович – д-р техн. наук, доц., зав. каф. льотної експлуатації, аеродинаміки та динаміки польоту, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна.

Лавриненко Олексій Сергійович – випускник аспірантури Льотної академії Національного авіаційного університету, диспетчер управління повітряним рухом аеродромної диспетчерської вишки Київ (Бориспіль), регіонального структурного підрозділу «Київцентраеро» Укрероруху, Бориспіль, Україна.

Сорока Михайло Юрійович – канд. техн. наук, заст. нач. академії з навчальної науково-методичної та виховної роботи, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна.

Liudmyla Dzhuma – PhD, associate professor, assistant professor of Information Technology Department, Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: ldzhuma@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7043-3544, ResearchGate: Liudmyla-Dzhuma.

Oleh Dmitriiev – doctor of technical sciences, associate professor, the head of Department of flight operations, aerodynamics and flight dynamics, Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: dmitronik70@i.ua, ORCID: 0000-0003-1079-9744, Scopus Author ID: 57208337326, Researcher ID: W-4346-2018, Web of Science Researcher ID: C-6173-2018.

Oleksii Lavrynenko – Graduate of the Postgraduate Studies Department of the Flight Academy of National Aviation University, Air traffic controller of Kyiv (Boryspil) airport traffic control tower of KYIVCENTAERO Regional Branch of UkSATSE, Boryspil, Ukraine, e-mail: lavrykkot@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8783-3731.

Mykhailo Soroka – PhD, Deputy Head of the Academy for Educational Scientific and Methodological and Educational Work, Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: s_mike@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1894-4002.