

УДК 656.7.022

С.М. НЕДІЛЬКО, А.С. ПАЛЬОНІЙ

*Державна льотна академія України, Кіровоград***СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ІНСТРУКТОРА  
ПРОЦЕДУРНОГО ТРЕНАЖЕРУ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ**

*Розглянуті принципи побудови та функціонування системи підтримки прийняття рішень (СППР) для інструктора процедурного тренажеру управління повітряним рухом (УПР). Наведена схема інформаційних потоків, яка застосовується в СППР, що передбачає послідовну трансформацію даних інтелектуальними модулями при виводі проміжних та підсумкових оцінок дій авіадиспетчерів. Розглянуті головні завдання та можливості СППР в автоматизованому аналізі і оцінці дій авіадиспетчерів. Наведені елементи інтерфейсу інструктора тренажеру УПР для надання інформації про поточні результати підготовки авіадиспетчерів.*

**Ключові слова:** авіадиспетчер, автоматизація аналізу та оцінювання дій, управління повітряним рухом, процедурний тренажер.

**Вступ**

Однією з найважливіших задач при проведенні підготовки на тренажерах управління повітряним рухом (далі УПР) є отримання об'єктивних результатів навчання авіадиспетчерів. Але, по-перше, існуюча система оцінювання дій авіадиспетчерів базується на висновках інструкторів, що залежать від рівня їх професіоналізму, досвіду, моральних якостей та психофізіологічних особливостей. По-друге, в традиційному підході відсутня чітка і деталізована система критеріїв оцінки дій авіадиспетчерів, яка б всебічно характеризувала діяльність авіадиспетчерів на різних рівнях технологічної структури їх діяльності. По-третє, сама технологічна структура діяльності авіадиспетчерів не має чіткої формалізації в ієрархічному її представленні для аналізу та оцінки окремих дій авіадиспетчерів та діяльності в цілому. Таким чином, вище перераховані недоліки сучасної методики оцінки, що застосовуються на тренажерах УПР, не дозволяють отримувати достатньо об'єктивні комплексні показники якості діяльності авіадиспетчерів у кількісно-якісному їх представленні.

Питання автоматизації оцінки дій авіаційних операторів розглядалися Красовським А.А. з позиції реалізації *оптимального електронного інструктора* для автоматичної оцінки дій льотчика [1]. Оптимальний інструктор являє собою автоматизовану систему, що оперує інформацією, яка надходить від імітаційного середовища льотного тренажера та генерує оптимальні по мінімуму заданого цільового функціоналу управляючі дії паралельно діям особи, що навчається. Оцінка правильності дій льотчика здійснюється шляхом зіставлення його рішення та

рішення оптимального інструктора. Застосування цього підходу обмежується оцінкою точності пілотування ПС льотчиком, коли оцінюється точність витримання заданих параметрів польоту у певному діапазоні. Специфіка діяльності авіадиспетчера, а саме складність задач, багатоваріантність, що властива процесу УПР, та паралелізм при одночасному рішенні декількох пріоритетних задач, не дає змогу застосувати цей підхід для оцінювання дій авіадиспетчера. Інший підхід, запропонований для автоматизованої оцінки дій авіадиспетчерів, базується на *«еталонній» моделі діяльності авіадиспетчера*, яка уявляє собою профільну модель, у яку закладені «еталонні» значення параметрів виконання технологічних операцій та процедур. Висновок відносно правильності дій авіадиспетчера робиться на підставі зіставлення індивідуальної моделі діяльності авіадиспетчера з «еталонною» моделлю. Виявлення відмінностей у фактичних та «еталонних» значення показників критеріїв діагностики у виконанні окремих технологічних операцій і процедур, дозволяє діагностувати помилки у діях авіадиспетчера за частковими критеріями безпомилковості, послідовності, точності, швидкодії та своєчасності [2]. Але у розглянутому підході не реалізоване *комплексне оцінювання* якості діяльності авіадиспетчера, що передбачає отримання показників ефективності дій авіадиспетчера на кожному з етапів прийняття рішення: 1) правильність ідентифікації проблемної ситуації та оцінки обстановки, що її стосується; 2) оптимальність прийнятого рішення; 3) технологічна та фразеологічна правильність реалізації авіадиспетчером управляючих дій. Без такого підходу неможливо отримати адекватну оцінку діяльності авіадиспетчера та виявити типові помилки на кожному

з її етапів, що вказують на необхідність корекції певної групи навиків, задіяних у виконанні конкретної технологічної процедури. Крім того, вище запропонований підхід не достатньо розроблений на рівні моделей та алгоритмів для реалізації відповідних оцінюючих програм.

Застосування автоматизованих засобів реєстрації, аналізу та оцінки дій авіадиспетчерів на процедурних тренажерах УПР та їх комплексна реалізація в якості системи підтримки прийняття рішення (далі СППР) для інструктора тренажеру, дозволила б позбавити сучасну методiku оцінювання знань, вмінь та навичок (ЗВН) авіадиспетчерів від вищезазначених недоліків. Це досягається завдяки наданням інструктору тренажеру документованого звіту, що містить результати первинного аналізу дій авіадиспетчерів. Враховуючи сукупність кількісно-якісних показників діяльності авіадиспетчера, що надаються автоматизованою системою, та ведучи власні спостереження, інструктор виводить підсумкову якісну оцінку його діям.

## 1. Завдання, що вирішуються та принципи побудови СППР

СППР, що розглядається, є складовою частиною підсистеми управління якістю підготовки авіадиспетчерів, що розробляється у ДЛІАУ [3]. Розроблена система критеріїв оцінки дій авіадиспетчерів, склад якої диференційований за рівнем ієрархії запропонованої структури діяльності [4], та розроблені моделі і алгоритми автоматизованого аналізу і оцінки дій авіадиспетчерів [5], застосовуються в СППР для інструктора тренажеру УПР, що передбачає вирішення наступних головних завдань:

1. Автоматизація реєстрації та класифікація дій авіадиспетчерів при виконанні вправ на процедурному тренажері УПР;

2. Автоматизація аналізу дій авіадиспетчерів в ході проведення підготовки на процедурному тренажері УПР, що дозволяє виявляти типові помилки в роботі авіадиспетчерів.

3. Автоматизація оцінювання дій авіадиспетчерів на підставі результатів їх аналізу. Здійснюється виводом кількісних та якісних оцінок дій авіадиспетчерів після виконання ними учбових вправ на процедурному тренажері УПР в залежності від кількості і важливості припущених ними помилок.

4. Автоматизація використання (збір, обробка та збереження) даних про результати діяльності авіадиспетчерів на процедурному тренажері УПР. В подальшому ці дані, на рівні з оцінками інструктора тренажеру, можуть використовуватися для формування оптимальної стратегії навчання авіадиспетчерів генеруванням «проблемних» для окремо взятого

авіадиспетчера ситуацій, які йому необхідно відпрацювати з метою усунення виявлених помилок за відповідними технологічними структурами діяльності.

5. Автоматизація функцій видачі інформації користувачам (інструкторам тренажеру і авіадиспетчерам в режимі самоконтролю) про результати професійної підготовки в якісній формі у вигляді зведеного звіту про помилки, зроблені авіадиспетчером на протязі виконання вправи, та оцінки за технологічними процедурами.

СППР складається з сукупності незалежно працюючих інтелектуальних модулів, згрупованих за функціонально-цільовим призначенням [6]. Інформаційна взаємодія між модулями, збір, накопичення та збереження інформації про сукупність помилок і оцінок за окремими технологічними одиницями організована з використанням баз даних.

Схема інформаційних потоків в СППР передбачає послідовну трансформацію даних інтелектуальними модулями при виводі комплексних та підсумкових оцінок дій авіадиспетчерів (рис.1). З сукупності помилок авіадиспетчерів формуються переліки типових помилок з докладним описом їх атрибутів: повітряні судна (їх позивні), час, місце та обставини здійснення помилок.

При виконанні N-ї вправи авіадиспетчер виконує певну сукупність дій ( $M_N^{AA}$ ), до яких відносяться відповідні дозволи, вказівки, координаційні та інформаційні повідомлення, дії з обробки радіолокаційної та планової інформації, що реєструються при вводі даних з клавіатури комп'ютера та взаємодією з маніпулятором типу «миша».

Зареєстровані дії авіадиспетчера класифікуються шляхом віднесення їх до певного типу технологічних елементів (ТЕ), технологічних операцій (ТО) і технологічних процедур (ТП) ( $M_{ij}^{TE} \rightarrow M_{jk}^{TO} \rightarrow M_{kN}^{TP}$ ) та обробляються модулем автоматизованого аналізу (МАА). В даному модулі здійснюється порівняльний аналіз фактичної ієрархічно упорядкованої сукупності технологічних одиниць діяльності авіадиспетчера з еталонними, що формуються підсистемою автоматизованої генерації дій. Автоматизований аналіз дій здійснюється за частковими критеріями оцінки, що апріорно призначені окремим технологічним одиницям діяльності. Результатом такого аналізу виступає перелік припущених авіадиспетчером помилок за відповідними критеріями оцінки ( $R_N^{err}$ ) (1):

$$M_N^{AA} \xrightarrow{P(M_N^{AA})} R_N^{err} \quad (1)$$

де  $M_N^{AA}$  – зареєстрована і класифікована упорядкована сукупність дій авіадиспетчера з виконання N-ї

вправи;  $P(M_N^{AA})$  – процедури аналізу правильності виконання технологічних одиниць діяльності та класифікації помилок авіадиспетчера.

В модулі автоматизованого оцінювання (МАО) здійснюється трансформація припущених авіадиспетчером помилок за відповідними критеріями оцінки у кількісні показники виконання авіадиспетчерами конкретних ТЕ, ТО і ТП на протязі відпрацювання N-ї вправи ( $Y_N^{\Sigma}(i, j, k)$ ):

$$R_N^{err} \xrightarrow{P(R_N^{err})} Y_{ij}^{TE}, Y_{jk}^{TO}, Y_{kN}^{TP} \quad (2)$$

$$Y_{ij}^{TE}, Y_{jk}^{TO}, Y_{kN}^{TP} \xrightarrow{P(Y_{ij}^{TE} \rightarrow Y_{jk}^{TO} \rightarrow Y_{kN}^{TP})} Y_N^{\Sigma} \quad (3)$$

де  $P(R_N^{err})$ ,  $P(Y_{ij}^{TE}, Y_{jk}^{TO}, Y_{kN}^{TP})$  – процедури виводу кількісних оцінок виконання технологічних одиниць на підставі сукупності помилок (2), та їх агрегації за рівнем декомпозиції діяльності відповідно (3);

$Y_N^{\Sigma}$  – підсумкові кількісні оцінки відпрацю-

вання відповідної вправи авіадиспетчером.

Отримані кількісні оцінки (комплексні та підсумкові) трансформуються в якісні, згідно шкали ECTS, виконанням відповідної процедури конвертації (4):

$$Y_{kN}^{TP}, Y_N^{\Sigma} \xrightarrow{P(Y_{kN}^{TP}, Y_N^{\Sigma})} \tilde{Y}_{kN}^{TP}, \tilde{Y}_N^{\Sigma} \quad (4)$$

де  $\tilde{Y}_{kN}^{TP}, \tilde{Y}_N^{\Sigma}$  – якісні комплексні та підсумкові оцінки відповідно.

З якісних комплексних оцінок за окремими технологічними процедурами  $Y_{kN}^{TP}$  та якісної підсумкової оцінки виконання авіадиспетчером N-ї вправи  $Y_N^{\Sigma}$ , а також інформації про помилки авіадиспетчера  $R_N^{err}$ , формується зведений звіт про успішність дій авіадиспетчерів з виконання певної вправи, що виводиться на екран монітора інструктора тренажеру та на принтер.

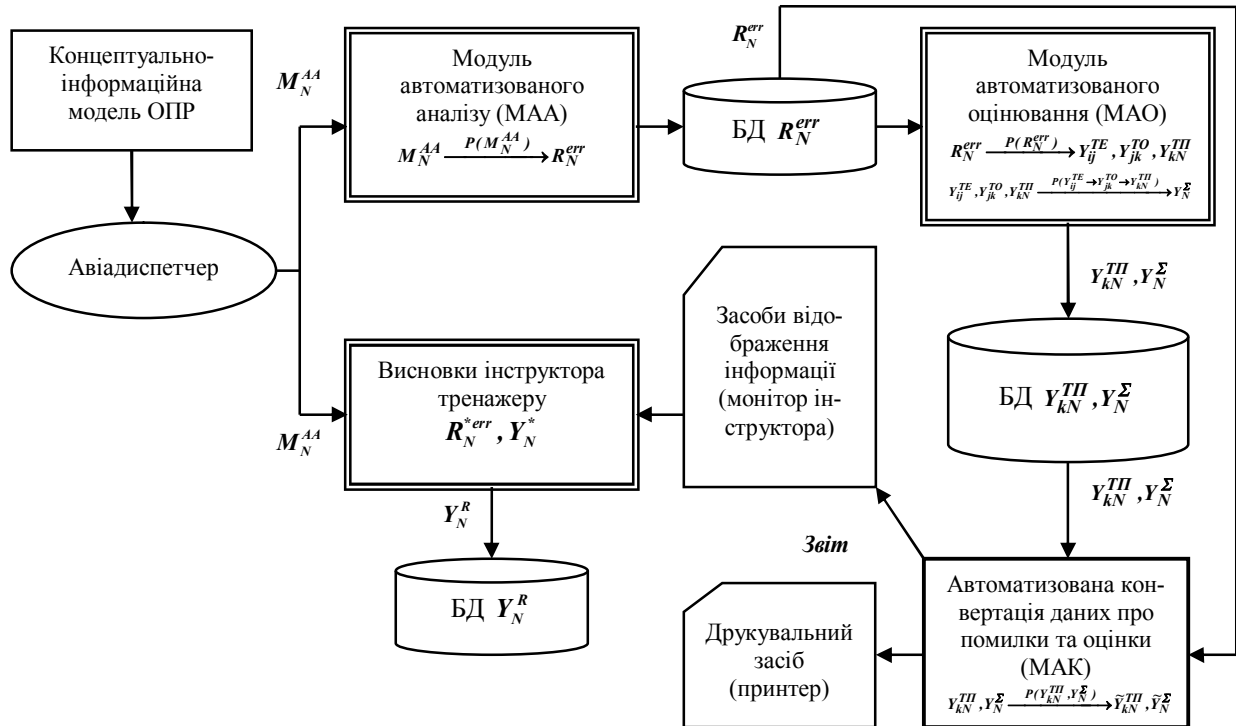


Рис. 1. Схема інформаційних потоків в СППР

Кінцеві висновки щодо якісної оцінки дій авіадиспетчера за виконану вправу  $Y_N^R$  робить інструктор тренажеру з обов'язковим врахуванням даних блоків МАА і МАО СППР, спираючись на задокументовані показники відпрацювання вправи, що містяться у докладному звіті.

## 2. Принцип роботи СППР

СППР складається з трьох принципових блоків: «Класифікатор», «Аналізатор», «Оцінювач», які виконують покладені на них завдання з (рис. 2):

– класифікації зареєстрованих дій авіадиспетчерів віднесенням їх до певного типу ТЕ, ТО і ТП (блок «Класифікатор»);

– аналізу правильності виконання ТЕ, ТО і ТП згідно системи часткових критеріїв оцінки з визначенням приналежності зроблених помилок до певного типу (блок «Аналізатор»);

– формування кількісних оцінок виконання ТЕ, ТО і ТП за результатами їх попереднього аналізу на підставі кількості і важливості («грубості») зроблених помилок за відповідними критеріями оцінки (блок «Оцінювач»).

Крім того, у складі СППР присутні допоміжні блоки: «Генератор» і «Конвертор». Автоматизована генерація оптимальних («еталонних») управляючих стратегій з вирішення проблемних ситуацій дозволяє зіставляти їх з фактичними діями авіадиспетчерів для формування висновків щодо правильності їх дій, забезпечуючи тим самим функціонування блоку «Аналізатор».

Блоком «Конвертор» здійснюється, *по-перше*, трансформація кількісних результатів проходження тренажерної підготовки ( $Y_{kN}^{TP}, Y_N^{\Sigma}$ ) в якісну шкалу оцінок ( $\tilde{Y}_{kN}^{TP}, \tilde{Y}_N^{\Sigma}$ ) для потреб кінцевих користувачів

цієї інформації, *по-друге*, узагальнюється та групується, згідно встановленої форми звіту, вся сукупність даних про помилки ( $R_{ij}^{err}, R_{jk}^{err}, R_{kN}^{err}$ ) конкретного авіадиспетчера, та отримані якісні комплексні оцінки за відповідними технологічними процедурами і підсумкова оцінка за вправу; *по-третє*, з застосуванням моделі «оптимальних дій авіадиспетчера» ( $M_{opt}$ ) генеруються дані про правильний спосіб дій ( $M_r$ ) та зауваження щодо кожної припущеної помилки ( $C_N^{err}$ ), що мали місце на протязі виконання N-ї вправи.

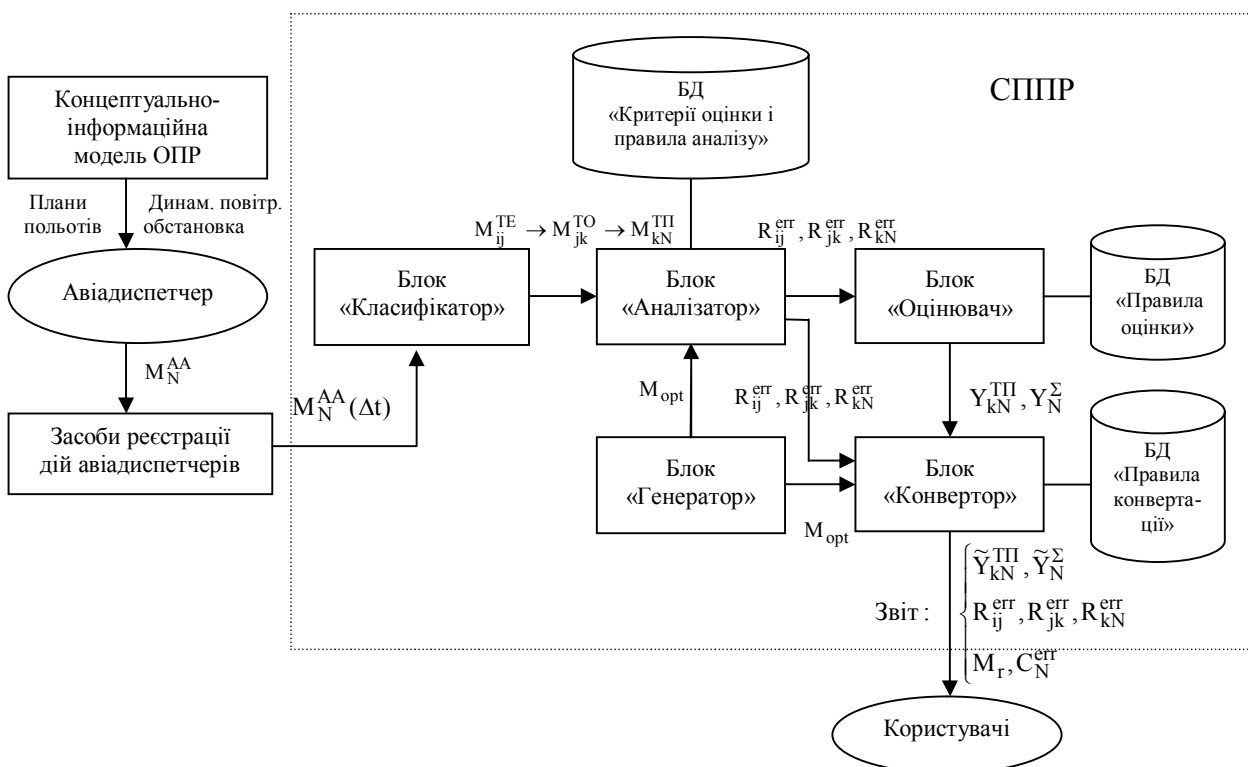


Рис. 2. Принципова блок-схема функціонування СППР інструктора тренажеру УПР

Результатами роботи блоків «Аналізатор» і «Оцінювач», що входять до складу СППР, є первинні та вторинні дані про успішність виконання авіадиспетчерами відповідної вправи на тренажері УПР.

Первинними даними є результати аналізу дій конкретного авіадиспетчера у вигляді переліку помилок, з докладним описом часу, місця, обставин їх припущення при реалізації відповідних процедур.

До вторинних даних відноситься сукупність комплексних кількісних оцінок виконання відповід-

них технологічних процедур ( $Y_{kN}^{TP}$ ) з формуванням підсумкової оцінки за вправу ( $Y_N^{\Sigma}$ ), що характеризують загальний рівень ефективності вирішення проблемних завдань та технологічної правильності дій авіадиспетчера на протязі виконання вправи.

На підставі отриманих даних про помилки та кількісні оцінки щодо конкретного авіадиспетчера блоком «Конвертор» формується «Зведений звіт результатів аналізу та оцінки дій авіадиспетчера» (рис. 3).

Ф.І.Б авіадиспетчера							
(Диспетчерський пункт, найменування (номер) вправи, дата та період часу проведення тренування)							
Типові технологічні процедури	Комплексні оцінки	Час помилки	Тип помилки	Опис помилки	Правильна дія	Посилання на документи	Зауваження
Радіолокаційна ідентифікація ПС							
Призначення/зміна рівня польоту ПС							
Радіолокаційне наведення ПС							
...							
	Підсумкова оцінка за вправу						

Рис. 3. «Зведений звіт результатів аналізу та оцінки дій авіадиспетчерів»

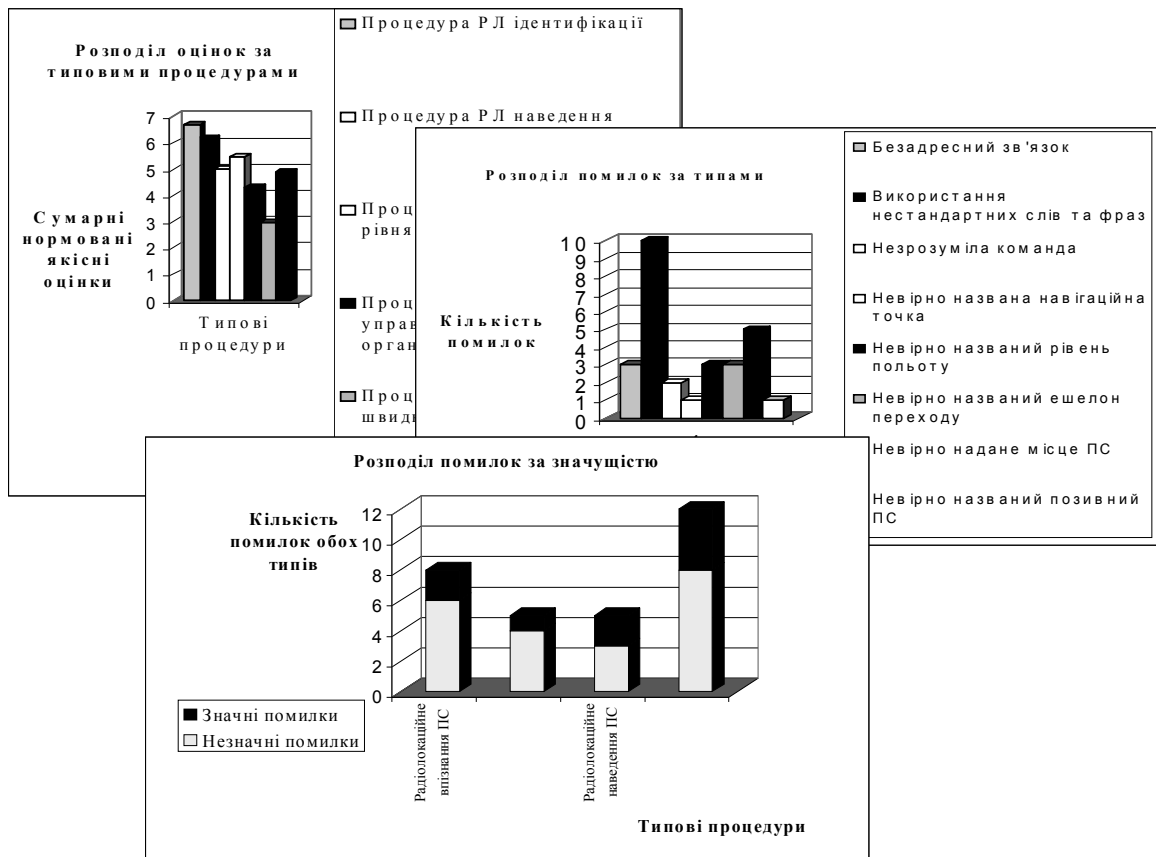


Рис. 4. Елементи інтерфейсу інструктора тренажеру УІР

Додатковою функцією блоку «Конвертор» є формування зауважень щодо незнання авіадиспетчером конкретного розділу/пункту відповідного документу або недостатнього розвитку відповідної групи навичок, що відповідають процесам сприйняття та обробки інформації, прийняття рішення, його реалізації або контролю його виконання. Відповідні зауваження генеруються на підставі апріорно визначеного зв'язку з певною типовою помилкою:

$$R_N^{\text{err}} \xrightarrow{P(R_N^{\text{err}})} C_N^{\text{err}} \quad (5)$$

де  $P(R_N^{\text{err}})$  – процедури формування зауважень у відповідності зі зробленими помилками;  $C_N^{\text{err}}$  – висновки-зауваження щодо необхідності корекції певної групи навичок відповідно типовим помилкам, що припускає конкретний авіадиспетчер при виконанні N-ої вправи.

Для візуального представлення інструктору тренажеру розподілу якісних комплексних оцінок за відповідними типовими процедурами використовуються графіки-діаграми. Також, для надання інформації про розподіл кількості помилок за типами застосовуються діаграми, що акцентують увагу інструктора тренажеру на найбільш «проблемних» для даного авіадиспетчера елементах вправи.

Крім того, корисною інформацією для інструктора є дані про долю значних («грубих») помилок/порушень на фоні незначних за відповідними процедурами (рис. 4).

Таким чином, розглянута СППР і наведена система представлення даних про первинні та вторинні результати автоматизованого аналізу і оцінки дій авіадиспетчерів дозволяє:

1. Сприяти інструктору процедурного тренажеру у формуванні об'єктивних висновків щодо оцінки дій авіадиспетчерів;

2. Обґрунтовувати виставлені СППР комплексні та підсумкові оцінки діяльності авіадиспетчерів за рахунок формування та надання інструктору про-

цедурного тренажеру докладного звіту результатів аналізу та оцінки дій авіадиспетчерів;

3. Надавати інформацію про помилки і оцінки, а також зауваження щодо необхідності відпрацювання певних елементів вправи авіадиспетчеру по завершенні виконання їм вправи в режимі «Самонавчання» для демонстрації слабких місць у його роботі.

## Література

1. Красовский А.А. Математическое моделирование и компьютерные системы обучения и тренажа. / А.А. Красовский – М.: ВВИА им. Жуковского, 1989. – 255 с.
2. Чинченко Ю.В. Модели и алгоритмы автоматизированного управления уровнем готовности авиадиспетчеров к действиям в кризисных ситуациях. – Дисс. канд. тех. наук. / Ю.В. Чинченко – К.: – НТУ. – 2004, 228 с.
3. Извалов А.В. Модели процессов управления качеством подготовки авиадиспетчеров / А.В. Извалов, В.Н. Неделько, С.Н. Неделько, А.С. Паленный, М.Ю. Сорока // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 7 41). – С. 89-94.
4. Неделько С.Н. Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / С.Н. Неделько, В.А. Григорьевский, А.С. Паленный // Наукові праці академії. – Вип. IX за ред. Р.М. Макарова – Кіровоград: ДЛАУ, 2005. – С. 387-400.
5. Паленный А.С. Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения / А.С. Паленный // Наукові праці академії. – Вип. XII за ред. Р.М. Макарова – Кіровоград: ДЛАУ, 2007. – С. 311-324.
6. Стюард Рассел Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. / Стюард Рассел, Питер Норвиг – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

Поступила в редакцію 21.02.2010

**Рецензент:** д-р. техн. наук, проф., проф. кафедри Б.М. Конорев, Національний технічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ", Харків, Україна.

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИНСТРУКТОРА  
ПРОЦЕДУРНОГО ТРЕНАЖЕРА УПРАВЛЕНИЯ ВЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ***С.Н. Неделько, А.С. Паленный*

Рассмотрены принципы построения и функционирования системы поддержки принятия решений для инструктора процедурного тренажера управления воздушным движением (УВД). Приведена схема информационных потоков, применяемая в СППР, которая предусматривает последовательную трансформацию данных интеллектуальными модулями при выводе промежуточных и итоговых оценок действий авиадиспетчеров. Рассмотрены основные задачи и возможности СППР в автоматизированном анализе и оценке действий авиадиспетчеров. Приведены элементы интерфейса инструктора тренажера УВД для предоставления ему данных о текущих результатах подготовки авиадиспетчеров.

**Ключевые слова:** авиадиспетчер, автоматизация анализа и оценки действий, управление воздушным движением, процедурный тренажер.

**DECISION SUPPORT SYSTEM FOR TRAINERS  
OF THE AIR TRAFFIC CONTROL PROCEDURAL SIMULATOR***S.N. Nedelko, A.S. Palenny*

Principles of construction and performance of decision support system for trainers of air traffic control procedural simulator are considered. The scheme of information flows used in DSS is introduced, which provides a consistent data transformation by the intelligent modules in the derivation of intermediate and final evaluations of action of air traffic controllers. The main challenges and opportunities for DSS in the automated analysis and evaluation of action controllers are considered. Elements of the trainer interface to provide current training outcomes data are introduced.

**Key words:** air traffic controller, automation of action analysis and action evaluation, air traffic control, procedural simulator.

**Неділько Сергій Миколайович** – кандидат технічних наук, професор, ректор Державної льотної академії України, завідувач кафедри обслуговування повітряного руху, Кіровоград.

**Пальоний Андрій Сергійович** – викладач кафедри обслуговування повітряного руху Державної льотної академії України, Кіровоград, e-mail: at-sat@yandex.ru.