ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

УДК 656.7.071.7.052.8 **doi: 10.32620/aktt.2022.3.10**

А. С. ПАЛЬОНИЙ, В. В. КОЛІВАШКО

Льотна академія Національного авіаційного університету, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ СИСТЕМИ АДАПТИВНОЇ ПЕРЕДТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ З ЕЛЕМЕНТАМИ САМОСПРЯМОВАНОГО НАВЧАННЯ

Предметом *дослідження в статті є модель предметної області системи адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів з використанням принципів самоспрямованого навчання.* ***Метою*** *статті є розробка онтологічної моделі предметної області адаптивної підготовки майбутніх авіадиспетчерів із застосуванням синтетичних засобів тренажу для відпрацювання ними завдань, пов'язаних з вирішенням потенційно-конфліктних ситуацій у повітряному русі, що передбачає формування навичок самоспрямованого навчання на передтренажерному етапі підготовки.* ***Завдання****: дослідити основні підходи до моделювання навчальних предметних областей у сфері адаптивного навчання; сформулювати основні вимоги до моделі предметної області адаптивного навчання майбутніх авіадиспетчерів у передтренажерному форматі; розробити онтологічну модель предметної області адаптивного практичного навчання авіадиспетчерів з вирішення завдань, пов'язаних з конфліктним повітряним рухом, включаючи розвиток навичок самоспрямованого навчання. Використовуваними* ***методами*** *є: аналіз, порівняння і синтез; системний аналіз, моделювання, метод декомпозиції, методи теорії множин і теорії графів. Отримано такі* ***результати****. Представлена в роботі онтологічна модель предметної області адаптивного навчання майбутніх авіадиспетчерів може бути використана як основа розробки автоматизованої системи управління якістю передтренажерної підготовки авіадиспетчерів.* ***Висновки****. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: вперше розроблено комплексну онтологічну модель предметної області адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів, що ґрунтується на моделі предметної області передтренажерної підготовки, циклічній моделі самоспрямованого навчання та моделі предметної області забезпечення адаптивного середовища самоспрямованого навчання. Подана модель виступатиме базисом для генерування індивідуальних стратегій навчання майбутніх авіадиспетчерів на передтренажерному етапі підготовки, застосування яких повинно комплексно забезпечувати: по-перше, гарантоване досягнення учнями програмних результатів навчання у визначені терміни; по-друге, адаптивне формування в учнів спеціалізованих компетентностей з самоспрямованого навчання, зокрема, спеціальних когнітивних і метакогнітивних професійних навичок та здатності до стратегічного й тактичного керування власним навчанням.*

Ключові слова: *адаптивне навчання; авіадиспетчер; передтренажерна підготовка; автоматизована система; самоспрямоване навчання; предметна область; онтологія.*

Вступ

Проблема підготовки висококваліфікованих авіаційних фахівців завжди є актуальною, адже більшість досліджень у сфері безпеки польотів свідчать про те, що саме людський чинник є причиною близько 90% авіаційних катастроф на міжнародних повітряних трасах [1; 2]. Біля третини від всіх помилок пілотів повітряних суден (ПС) і диспетчерів управління повітряним рухом (УПР) обумовлені недостатньо розвинутими навиками роботи в умовах неповноти інформації, дефіциту часу та наявності стресогенних чинників на фоні короткострокових періодів інформаційного перевантаження.

Наразі в авіаційній галузі, у світовому масштабі, існує серйозна нестача добре підготовлених диспетчерів УПР, головним чином через щорічно зростаючу інтенсивність повітряного руху у світовому масштабі. Одним з можливих рішень цієї проблеми є підвищення ефективності навчання диспетчерів УПР. Групові неадаптивні методи навчання, які зараз використовуються у навчальних програмах підготовки диспетчерів УПР, представляють учням заданий порядок та складність навчальних завдань та не мають адаптивної здатності вносити корективи у складність та порядок виконання завдань під час навчання. Звіти про ефективність сучасних методів навчання авіадиспетчерів [3] свідчать про те, що неадаптивні методи демонструють високий рівень «відсіву» майбутніх авіадиспетчерів. Визнано, що використання персоналізованого адаптивного формування тренажерних вправ та індивідуалізованого комплексу навчальних стратегій, відповідно до поточної результативності навчання, психофізіологіч-

© А. С. Пальоний, В. В. Колівашко, 2022

них, когнітивних і стилістичних особливостей учнів, тісно пов'язане з підвищенням ефективності тренувань [4; 5]. Більшість вчених в цій галузі прийшли до висновку, що ефективне навчання передбачає утворення оптимального адаптивного навчального середовища, у якому фахівці зможуть швидко формувати стійкі фахові вміння та навички, а також певні soft skills: навички критичного мислення й навички з самоорганізації власної діяльності й навчання.

В сучасній професійній освіті значну роль відіграють електроні навчальні засоби і автоматизовані системи управління навчанням. На думку багатьох дослідників, тенденціями розвитку вищої професійної освіти в сучасних умовах є: інтеграція, демократизація, інформатизація, інновація, адаптивність, неперервність, автономність [6; 7]. Високі вимоги до висококваліфікованого фахівця, зокрема, диспетчера УПР, обумовлюють необхідність у створенні умов для цілеспрямованого опанування ним тих знань, умінь та якостей, що сприятимуть його успішному професійному розвитку, безперервному підвищенню кваліфікації протягом всього професійного життя за рахунок розвиненої самоорганізації, особистого і фахового самовдосконалення.

Згідно проведеного аналізу [8] систем адаптивного навчання на основі систем штучного інтелекту, представлених в літературі за останні декілька років, дослідниками було визначено, що системи та моделі адаптивного навчання були найбільш пропонованими та найбільш використовуваними способами вирішення проблем, з якими стикаються учні та викладачі, особливо під час пандемії.

Сучасні рекомендації Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) полягають у використанні інформаційних технологій в авіаційних системах, як у навчанні, так і в експлуатації [9]. ICAO розглядає загрози і помилки як невід'ємну частину діяльності авіації, з якими диспетчера УПР повинні справлятися, оскільки неконтрольовані загрози та помилки можуть спровокувати виникнення небажаних станів [10]. Тому одним з основних завдань самоспрямованого навчання (ССН) є навчити авіадиспетчера самому ідентифікувати, аналізувати і своєчасно виправляти власні помилки, більш ефективно керувати власним когнітивним навантаженням, використовуючи при цьому розвинені навики рефлексії, а також здійснювати метакогнітивний моніторинг і брати участь в керуванні власним навчанням. Крім того, сформовані спеціалізовані навички з ССН можуть статися в нагоді авіадиспетчеру у випадку його переходу на посаду диспетчера-інструктора в контексті більш гарного розуміння когнітивних та метакогнітивних процесів, що задіяні під час тренажерної підготовки диспетчерів УПР.

Математичними і технічними сторонами впровадження адаптивних систем навчання, зокрема питаннями алгоритмізації, програмування та їх технічної реалізації займалися В.П. Беспалько, Т. Гёргей, Д. Ловцов, С. Прийма, Морзе, M. Khribi, K. Zamli та інші. До вітчизнаних вчених, які досліджували проблеми моделювання і реалізації адаптивного підходу до навчання авіаційних операторів, можна віднести наступних: С. П. Борсук, М. А. Павленко, О. І. Тимочко, Г. С. Степанов, О. В. Ізвалов, С. М. Неділько, К. В. Суркова, М. Ю. Сорока та інші.

Серед найбільш відомих підходів до адаптивного навчання слід відзначити такі: макроадаптівний та мікроадаптівний підхід, спільно-конструктивістський підхід, підхід до адаптації з урахуванням індивідуальних здібностей учнів та двохступеневий підхід, що комбінує мікроадаптівний підхід та підхід до адаптації з урахуванням індивідуальних здібностей учнів [11]. Так, підхід до управління процесом навчання з урахуванням індивідуальних здібностей учнів, крім адаптивного формування стандартних класів здібностей, передбачає розвиток в учнів метакогнітивних навичок, що безпосередньо пов'язані зі зворотнім зв'язком і контролем в навчанні. Вже існують адаптивні системи електронного навчання, що включають використання положень теорії когнітивного навантаження. Системи, засновані на такому підході, пропонують користувачеві можливість контролювати повністю або частину їх навчання у відповідності із певними «ступенями свободи»: повна незалежність; незалежність та самоконтроль тільки в рамках фіксованого сценарію; контроль навчальної діяльності в цілому та окремих частин (аспектів) навчання з боку викладача або інструктора [12].

Питаннями моделювання та практичної реалізації у професійній підготовці концепцій саморегульваного і самоспрямованого навчання, займались такі вчені, як B. J. Zimmerman, P. H. Winne, A. F. Hadwin, P. R. Pintrich, J. Robertson, M. Siadaty, L. Sha, G. Schraw, R. Risemberg, S. M. Loyens, J. Magda, R. M. Rikers, R. G. Brockett, R. Hiemstra, H. Jossberger, J. Robertson, L. F. Oddi, S. Brand-Gruwel, H. Boshuizen, M. Wiel та інші.

Дослідники Winne & Hadwin виділили чотири ключові фази самостійного навчання в навчальних ситуаціях [13]: визначення завдань, визначення цілей та планування, застосування тактики і стратегії навчання, метакогнітивне адаптивне навчання.

P. R. Pintrich зробив те ж саме в контексті саморегульованого переліку навчальних матеріалів [14]:

1) планування та постановка цілей, активізація сприйняття та знання про завдання, їх контекст та знання про себе по відношенню до виконання завдання;

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

2) моніторингові процеси, які уявляють собою метакогнітивне усвідомлення різних аспектів «самості», завдання або його контексту;

3) зусилля щодо контролю та регулювання різних сторін «самості» або завдання та його контексту;

4) реакції та роздуми про себе та контекст завдання.

За твердженням дослідників T. H. Morris і M. Rohs, ССН виступає головною мета-компетентністю, що є актуальною протягом усього життя фахівця, яка дозволяє йому підтримувати і вдосконалювати свої компетентності. Сучасні інформаційні технології суттєво трансформують освітні можливості для ССН та повинні стати невід'ємним компонентом освітньо-професійних програм для підготовки фахівців, виробнича діяльність яких та умови її провадження, вимоги до знань і навиків, динамічно змінюються. На думку вчених, навчальні заходи з розвитку ССН повинні містити вправи, що спонукатимуть учнів брати відповідальність за свою професійну підготовку, у якісь певній її частині, з метою вирішення реальних питань і проблемних ситуацій [15].

Схильність до змін є невід'ємною характеристикою будь-якої предметній області. До об'єктивних причин відносяться зміни в самій предметної області, обумовлені зовнішніми факторами, а суб'єктивні причини стосуються зміни точки зору дослідника на предметну область або розширення / звуження предметної області для потреб певної задачі [16]. Принципово значущі зміни, що відбуваються в предметній області, приводять до розгляду моделей онтології, що враховують зміни у цій предметній області. В даний час розрізняють два підходи до моделювання онтологій з урахуванням змін. Перший підхід полягає в створенні системи інваріантів, які обмежують можливі зміни в моделі, але гарантують виконання деяких вимог, пов'язаних, наприклад, з особливостями розв'язуваної задачі. Створення систем інваріантів розглядається в роботах К. Заніоло для об'єктно-орієнтованих баз даних, Х. Грегерсена для концептуальних моделей, Л. А. Калініченко для реляційних баз даних, Л. Стоянович, Н. Г. Кеберле для онтологій. Ф. І. Андон, А. Е. Яшунін і В. А. Резніченко розглядали застосування алетичної модальної логіки для визначення допустимих змін в базах фактів.

На сьогоднішній день найбільшого розвитку отримали системи адаптивного навчання для дистанційної підготовки на базі веб-ресурсів, отже саме в цьому напрямі найбільш активно велись дослідження, пов'язані з темою нашої роботи. Існує велика кількість стандартів і моделей електронного навчання, в основі побудови яких лежать відповідні моделі предметних областей. Основним стандартом в області електронного навчання є стандарт SCORM, який об'єднує в собі цілий ряд моделей, що містять вимоги до програмної структури середовища електронного навчання, специфікації прикладних програмних інтерфейсів і опису структур даних. Стандарт SCORM дозволяє забезпечити сумісність різних систем навчання (LMS), можливість перенесення і багаторазового використання освітніх об'єктів. Поряд з цим існують високорівневі моделі електронного навчання, що описують структуру освітнього контенту і правила надання освітніх об'єктів учню. Серед них виділяється ряд моделей, в яких найбільша увага приділяється питанням кастомізації навчання (адаптивні моделі), а саме: Модель KFS (Knowledge Flow Structure), заснована на понятті потоку знань; модель DCM (Dynamic Content Model) [17] заснована на широко використовуваному інструменті для організації та подання знань - карті понять [18]; модель CDCGM (Competency-Driven Content Generation Model) [19], яка передбачає, що весь навчальний матеріал, доступний розробнику електронного навчального курсу, зберігається у вигляді освітніх об'єктів LO (Learning Objects), пов'язаних з банком компетенцій.

Іншим підходом до моделювання предметних областей є підхід, що стосується побудови інтелектуальної системи автоматизованої підготовки на основі сценаріїв (Scenario-based Training – SBT). Для функціонування таких систем необхідні знання про навчальну область, подій, що відбуваються в імітованому середовищі, поведінки учнів та системи стратегій навчання. Основою для побудови SBT-навчання стала онтологія Van Welie та ін. [20]. Запропонована цими дослідниками онтологія моделює предметну область "аналіз задач" та може бути використана для опису відносин між завданнями, ситуаціями, подіями, процедурами і засобами в межах заданої предметної області завдань. У SBT-тренуванні учні навчаються прагнути розвивати компетентності, необхідні для виконання певного завдання. Онтологія "аналіз завдань" може бути використана для опису способу виконання завдання. Однак вона не дозволяє робити жодних урахувань щодо компетентності людини для можливості правильного виконання завдання, а також для того, як підтримати учня в розвитку компетентності у виконанні завдання. Для цього онтологію потрібно розширити поняттями, що описують взаємозв'язок між розвитком компетентності в учня та результатами його діяльності. В дослідженні [21] автори пропонують використовувати онтологію, яка базується на використанні фреймів для представлення декларативних знань, необхідних для автоматизованого SBT-навчання у певній навчальній області.

Онтологія на основі фреймів забезпечує чітке, структуроване та семантично насичене подання декларативних знань, при цьому процедурні правила та евристика не є частиною онтології. Онтологія на основі фреймів складається з понять та примірників цих понять. Фрейми представляють стереотипні ситуації у вигляді групи взаємопов'язаних понять із фіксованою структурою. Фрейми можна розглядати як схеми: вони представляють структури очікувань, побудовані з попереднього досвіду. Онтологія верхнього рівня забезпечує загальні знання про SBT-навчання, виконання завдань та розвиток компетентності. Нижня онтологія описує конкретні навчальні ситуації, що дотримуються структури верхнього рівня.

В рамках передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів, застосування онтологій дозволятиме визначити основні компоненти завдань, тренувальних вправ та їх адаптивні параметри. Роль навчальних систем у такому випадку буде зводитися до ролі інтелектуальних агентів, які будуть здійснювати вибірку з бази знань для формування індивідуального комплексу стратегій навчання та адаптації їх змісту до результатів виконання учнем попередньої тренувальної вправи та його індивідуальних особливостей (згідно визначеного етапу і режиму тренажу).

1. Постановка задачі

Побудова моделі навчальної предметної області – одне з найважливіших і складних завдань, що необхідно вирішити на початковому етапі розробки автоматизованої системи управління якістю передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів. При цьому треба мати на увазі, що моделювання навчальної предметної області принципово відрізняється від розробки моделей інших предметних областей за метою моделювання. У ненавчальній діяльності рішення задач (його результат) є самоціллю, тоді як для навчальної діяльності результат вирішення, наприклад, проблемних ситуацій, не настільки важливий, акцент робиться на самому процесі його досягнення, що стосується опанування майбутнім авіадиспетчером технології роботи диспетчера УПР та формування відповідних професійних компетентностей і спеціальних компетентностей ССН.

Від організації моделі навчальної предметної області безпосередньо залежить якість проведення адаптивної передтренажерної підготовки, адже здебільшого саме нею визначається ефективність роботи алгоритмів пошуку й визначення оптимальних індивідуальних стратегій навчання та гнучкості їх налаштування до поточних потреб учнів, що, зокрема, передбачає адаптацію варіативних характеристик навчальних проблемних ситуацій та вимог щодо їх вирішення до успішності навчання. Для ефективного вирішення цього завдання, а також для забезпечення гнучкої модифікації програмної системи передтренажної підготовки авіадиспетчерів, реалізації можливості її адаптації до змін стану предметної області, для формування інформаційних масивів, що складаються з різнорідних характеристик і зв'язків між ними, доцільним є використання підходів інженерії знань, зокрема **онтологічного моделювання.** Це дозволяє конкретизувати мету нашого дослідження.

Метою статті є розкриття онтологічної моделі предметної області адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів при відпрацюванні ними потенційно-конфліктних ситуацій у повітряному русі з паралельним формуванням навичок ССН.

2. Опис онтологічної моделі предметної області адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів на засадах самоспрямованого навчання

Онтологічна модель предметної області (ОМПО) адаптивної передтренажерної підготовки дає змогу адекватно представити зміст передтренажерної підготовки авіадиспетчерів, наповнення тренувальних вправ і параметрів стратегій формування в учнів як фахових, так і спеціалізованих компетентностей ССН. Така модель дозволяє формалізувати навчальні проблемні завдання, технологічні процедури УПР та відповідні ним проблемні ситуації, структуру діяльності авіадиспетчера із встановленням ієрархічних, порядкових та асоціативних зв'язків онтологій процесів УПР, кожній з яких повинен відповідати певний елемент тренувальної вправи. Крім основного призначення, модель предметної області виступає базою знань для моделі пояснень, що використовується для відстеження логіки дій майбутнього авіадиспетчера та коментування зроблених ним помилок.

ОМПО адаптивної передтренажерної підготовки повинна задовольняти таким основним **вимогам:**

- формалізація, яка забезпечує чіткий і зрозумілий опис структури навчальної предметної області на основі абстракцій, зокрема абстрактне подання структурних компонент діяльності авіадиспетчера;

- структурованість ті логічна зв’язаність моделі предметної області, що визначаються коректністю декомпозиції предметної області та силою інформаційних зв’язків між її елементами;

- забезпечення «структурної адаптивності» моделі предметної області, що полягає в здатності моделі до певних видів адаптації, та «стратегічної ада-

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

птивності», під якою ми розуміємо можливість застосування моделі для формування адаптованих до помилок майбутнього авіадиспетчера тренувальних вправ як з позиції застосування сукупності індивідуальних навчальних стратегій і стратегій ССН, так і в контексті визначення індивідуальних траєкторій навчання;

- забезпечення оцінки ефективності реалізації моделі предметної області на основі відповідних методів та кількісних показників;

- зрозумілість моделі для розробників із застосуванням графічних методів її побудови та подання;

- можливість практичної реалізації моделі предметної області в автоматизованій системі керування якістю тренажерної підготовки авіадиспетчерів.

ОМПО адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів складається з трьох базових компонентів:

1) онтологічної підсистеми предметної області структури передтренажерної підготовки і онтологій етапів (фаз) ССН;

2) предметних онтологій типових проблемних ситуацій;

3) онтологічної підсистеми предметної області забезпечення адаптивного середовища ССН (рис. 1).

Головною ідеєю системно-онтологічного підходу є побудова онтологічних засобів підтримки рішення прикладних задач. Концептуальна частина типової онтологічної системи складається з онтології самої предметної області (включає онтологію об'єктів і онтологію процесів) і онтології задач. Онтологічна система адаптивної передтренажерної підготовки курсантів-авіадиспетчерів при відпрацюванні тренувальних завдань, пов'язаних з формуванням навичок ССН, представлена трійкою підсистем і онтологіями певного типу:

$$O_{САПП} = \left\langle \begin{matrix} O^{ПО}(O^{С}, O^{Д}, O^{ССН}), O^{П}, \\ O^{ПОА}(O^{К}, O^{НС}, O^{С_ССН}) \end{matrix} \right\rangle \quad (1)$$

де $O_{САПП}$ – онтологічна система адаптивної передтренажерної підготовки;

$O^{ПО}$ – онтологічна підсистема предметної області передтренажерної підготовки;

$O^{С}$ – онтологія множини об'єктів предметної області системи, що розглядається як ієрархічна структура етапів тренажу, задач і тренувальних вправ, безпосередньо пов'язаних з відпрацюванням проблемних ситуацій певного типу;

$O^{Д}$ – онтологія множини процесів предметної області системи, що розглядається як ієрархічна структура технологічних процедур (пов'язаних з ними методів), алгоритмів і операцій, що підлягають відпрацюванню для формування певних груп вмінь і навичок;

$O^{ПП}$ – онтологічна підсистема проблемного простору;

$O^{П}$ – онтологія сукупності типових проблемних ситуацій з варіативними параметрами їх адаптивного налаштування під поточні цілі тренажу;

$O^{ССН}$ – онтологія сукупності складових моделі самоспрямованого навчання майбутнього авіадиспетчера, що потребують відпрацювання учнем, з відповідними адаптивними параметрами налаштувань, пов'язаних з ССН-стратегіями навчання і окремими навчальними діями;

$O^{ПОА}$ – онтологічна підсистема предметної області забезпечення адаптивного середовища самоспрямованого навчання;

$O^{К}$ – онтологія компетентнісної моделі авіадиспетчера, яка охоплює вимоги щодо формування на передтренажерному етапі підготовки в майбутнього авіадиспетчера фахових компетентностей і здатності до самоспрямованого навчанн;

$O^{НС}$ – онтологія сукупності навчальних стратегій і окремих навчальних дій з розвитку фахових компетентностей майбутнього авіадиспетчера;

$O^{С_ССН}$ – онтологія сукупності стратегій розвитку спеціалізованих навичок ССН.

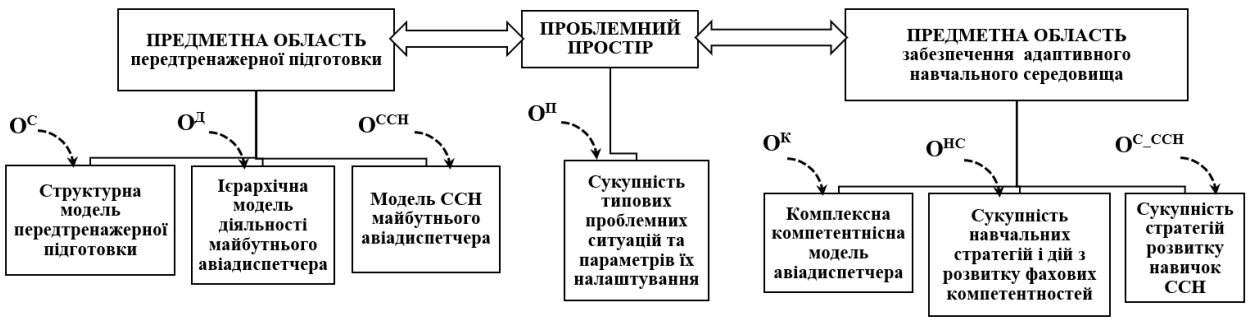

Рис. 1. Онтологічна система адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів при відпрацюванні тренувальних завдань, що передбачають формування навичок ССН

Взаємозв'язки онтологій в моделі предметної області адаптивного навчання майбутніх авіадиспетчерів, що відбивають інформаційні зв'язки між складовими ОМПО адаптивної передтренажерної підготовки, подані на рис. 2.

Представлена в ОМПО циклічна модель ССН, що складається з відповідних компонентів, розроблена нами в рамках минулого дослідження [22].

ОМПО передтренажерної адаптивної підготовки диспетчерів УПР, в загальному вигляді, можна описати множиною виду:

$$PT_Model = \begin{Bmatrix} Stage, Task, Exercise, TrMode, \\ Problem, SDLphase, Procedure, \\ Method, MetaData \mid ortree, \prec, view \end{Bmatrix} (2)$$

де $Stage = \left\{ PreTrenStage_i, i = \overline{1,S} \right\}$ – множина етапів передтренажерної підготовки;

$Task = \left\{ PreTrenTask_j, j = \overline{1,T} \right\}$ – множина задач передтренажерної підготовки в рамках відповідного етапу;

$Exercise = \left\{ PreTrenEx_k, k = \overline{1,E} \right\}$ – множина тренувальних вправ;

$TrMode$ – режим тренування («відновлення», «підтримання», «вдосконалення» тощо), пов'язаний з адаптованим рівнем складності виконання тренувальних вправ, індивідуальними стратегіями навчання та навчальними діями, що застосовуються на підставі результатів виконання учнем попередньої вправи з врахуванням його психофізіологічних особливостей і стилів навчання;

$Problem = \left\{ PretrenProblem_m, m = \overline{1,P} \right\}$ – множина проблемних завдань у складі відповідної тренувальної вправи;

$SDLphase = \left\{ SDLphase_r, r = \overline{1,L} \right\}$ – множина етапів (фаз) формування навичок ССН, де $SDLphase = \{Subphase, Element\}$, у якому $Subphase$ – складова етапу (компонент) процесу ССН. Наприклад, фаза ССН «вибір цілей / траєкторне управління навчанням» складається з таких ССН-компонентів як: «самостійне визначення / перегляд поточних часткових цілей навчання», «визначення потрібних інформаційних ресурсів і засобів, об'єму і деталізації підтримки прийняття рішень з плануванням власним навчанням», «формування і корекція своєї навчальної траєкторії», Element – елементарні дії, що необхідно виконати під час проходження відповідної «частини» фази ССН;

$Procedure = \left\{ Procedure_p, p = \overline{1,R} \right\}$ – множина технологічних процедур УПР, реалізація яких передбачається для вирішення m-ї типової проблемної ситуації;

$Method = \left\{ Method_q, q = \overline{1,M} \right\}$ – множина методів вирішення відповідної типової проблемної ситуації у повітряному русі, де $Method = \{Algorithm, Operation\}$, у якому $Algorithm$ – регламентований відповідними документами порядок дій з реалізації q-го методу керування повітряним рухом з вирішення певної проблемної ситуації: упорядкована система директив, інформаційних повідомлень, запитів та підтверджень для ефективної реалізації методу (алгоритм вказує, як здійснити типову діяльність, які впливи, в якому порядку і до яких ПС застосувати). Застосовуваний на всіх етапах реалізації метод може складатися з субметодів, а отже матиме свої субалгоритми: $subMethod = \{subOperation, subAlgorithm\}$; $Operation$ – технологічні операції, з яких складається відповідний алгоритм реалізації методу;

$MetaData = \{< key_i >, hash\ function, i = 1, Q\}$ – метадані моделі, де $< key_i >$ – кортеж асоціативних ключів, $hash\ function$ – хеш-функція пошуку елемента; $ortree$ – ієрархічне відношення;

$\prec$ – відношення порядку;

$view$ – асоціативна функція.

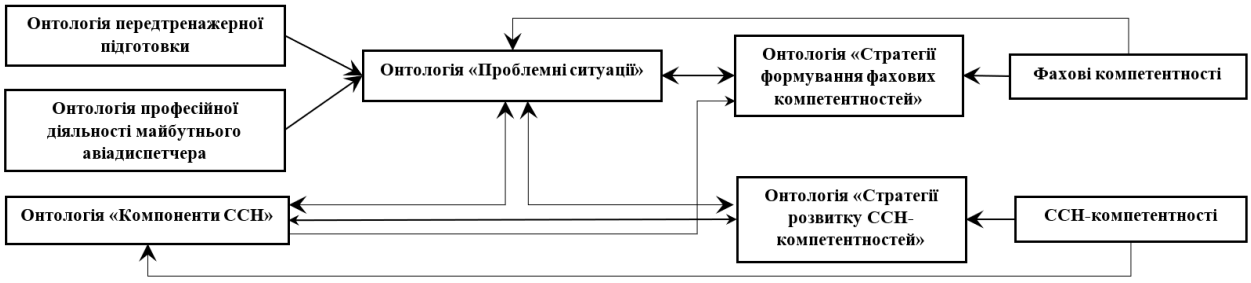

Рис. 2. Взаємозв'язок онтологій в моделі предметної області адаптивного навчання майбутніх авіадиспетчерів в форматі передтренажерної підготовки

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

Ієрархічні зв'язки в ОМПО використовуються для представлення об'єкту на різних рівнях деталізації. Порядкові зв'язки визначають упорядковану послідовність об'єктів на певному ієрархічному рівні, у той час, як асоціативні зв'язки відбивають відношення ієрархічних та порядкових онтологій відповідних рівнів (рис. 3).

Структурна складова ОМПО адаптивної передтренажерної підготовки «**PretrenProblem**» має наступні властивості:

$$\text{PretrenProblem}_m = \left\{ \begin{array}{l} \text{ID}_m^{pr}, \text{Type}_m, \text{Var}_m, \\ \text{StTime}_m, \text{StPoint}_m, \\ \text{Object}(s)_m, \text{Subject}(s)_m, \\ M_m^{procs}, M_m^{ILS} \end{array} \right\} \quad (3)$$

де ID_m^{pr} – унікальний ідентифікатор m-ї індивідуально-адаптованої проблемної ситуації;

Type_m – тип m-ї проблемної ситуації: тип конфлікту або аварійної ситуації;

Var_m – різновид (підтип) типової конфліктної (аварійної) ситуації;

StTime_m і StPoint_m – відповідно час та місце початку активації m-ї проблемної ситуації у складі тренувальної вправи;

$\text{Object}(s)_m$ – об'єкт/об'єкти керування (повітряні судна), що залучені в m-у проблемну ситуацію;

$\text{Subject}(s)_m$ – суб'єкт/суб'єкти (суміжний орган ОПР, військовий сектор, служба забезпечення польотів тощо), які задіяні в m-й проблемній ситуацій;

M_m^{procs} – множина технологічних процедур, виконання яких передбачається при вирішенні індивідуально-адаптованої проблемної ситуації m-го типу;

M_m^{ILS} – сукупність індивідуальних стратегій навчання та навчальних дій у їх складі, що визначають параметри варіативності і складності m-ї індивідуально-адаптованої проблемної ситуації.

Структурна складова SDLphase «**Subphase**» має такі властивості:

$$\text{SDLphaseSubphase}_s = \left\{ \begin{array}{l} \text{Name}_s, \text{ID}_s^{comp}, \\ \text{Purpose}_s, \text{Role}_s, \\ \text{Structure}_s, \text{Problem}_s, \\ \text{Participants}_s, \\ \text{Relations}_s, M_s^{SDL}, \\ M_s^{acts}, \text{relSPH}_s^{r} \end{array} \right\} \quad (4)$$

де Name_s – назва s-ї складової фази процесу (компоненту) ССН;

ID_s^{comp} – унікальний ідентифікатор s-го компоненту ССН;

Purpose_s – мета відпрацювання s-го ССН-компоненту в рамках r-ї фази ССН у їх зв'язку зі спеціалізованими ССН-компетентностями;

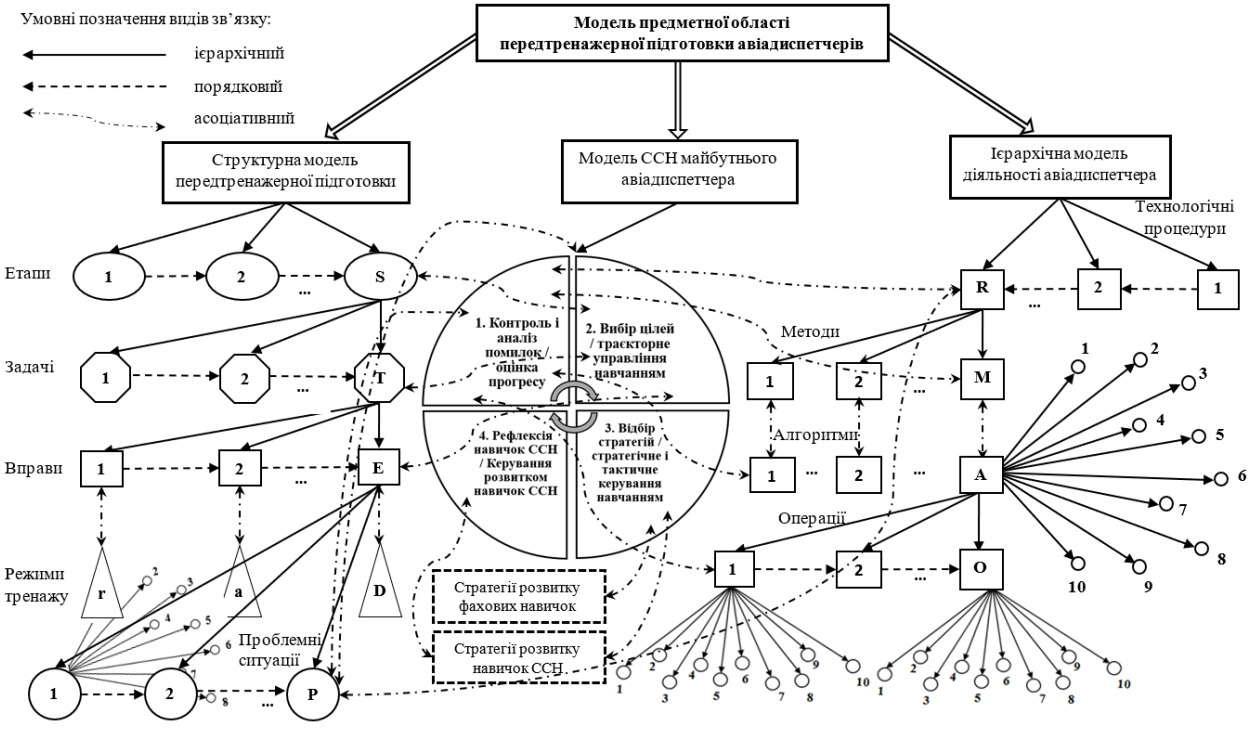

Рис. 3. ОМПО адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів

$Role_s$ – місце, яке займає s-й ССН-компонент в реалізації r-ї фази ССН: важливість і пріоритетність відпрацювання;

$Structure_s$ – структура s-го ССН-компоненту, тобто з яких саме ССН-елементів складається s-а складова фази процесу ССН;

$Problem_s$ – проблемна ситуація, що потребує відпрацювання за s-м компонентом ССН;

$Participants_s$ – коло учасників, задіяних у відпрацюванні s-го ССН-компоненту (для застосування інтерактивних спеціалізованих стратегій ССН з рольовим розподілом);

$Relations_s$ – зв'язки між учасниками, задіяними у застосовуванні стратегій інтерактивного типу з рольовими симуляціями («диспетчер УПР – диспетчер УПР», «диспетчер-інструктор – диспетчер УПР» тощо) при відпрацюванні s-го ССН-компоненту;

M_s^{SDL} – сукупність спеціалізованих індивідуальних стратегій та прийомів ССН, що визначають параметри варіативності і складності завдань з розвитку s-ї компоненти ССН.

M_s^{acts} – множина навчальних дій, виконання яких передбачається відповідним прийомом ССН при вирішенні завдань з розвитку s-ї ССН-компоненти.

$relSPH_s^r$ – зв'язок s-ї складової фази процесу ССН з іншими ССН-компонентами у складі r-ї фази ССН.

Структурна складова методу «**Algorithm**» має наступні властивості:

$$MethodAlgorithm_g = \left\{ \begin{array}{l} ID_g^{alg}, Name_g, Purpose_g, \\ Applicability_g, Structure_g, \\ Object(s)_g, Participants_g, \\ Relations_g, Complexity_g, \\ relALG_g \end{array} \right\} \quad (5)$$

де ID_g^{alg} – унікальний ідентифікатор алгоритму;

$Name_g$ – назва g-го алгоритму;

$Purpose_g$ – призначення, тобто мета реалізації g-го алгоритму;

$Applicability_g$ – застосовність, сфера дії g-го алгоритму з описом умов та обмежень його виконання;

$Structure_g$ – структура g-го алгоритму, тобто з яких саме послідовних дій (операцій) складається алгоритм;

$Object(s)_g$ – об'єкт/об'єкти керування (повітряні судна), до яких має відношення реалізація g-го алгоритму вирішення проблеми q-м методом;

$Participants_g$ – коло учасників, задіяних в процесі вирішення проблемної ситуації із застосуванням g-го алгоритму;

$Relations_g$ – інформаційні зв'язки між учасниками вирішення m-ї проблемної ситуації з використанням g-го алгоритму (пілоти ПС – диспетчер УПР, на управлінні якого знаходиться ПС – суміжний орган ОПР – військовий сектор – відповідна служба забезпечення польотів);

$Complexity_g$ – об'єктивний рівень складності виконання g-го алгоритму дій при застосуванні q-го методу;

$relALG_g$ – зв'язок g-го алгоритму з іншими алгоритмами, що мають відношення до вирішення m-ї проблемної ситуації, с описом їх принципової різниці.

Структурна складова методу «**Operation**» має наступні властивості:

$$MethodOperation_n = \left\{ \begin{array}{l} ID_n^{opr}, Name_n, Purpose_n, \\ Applicability_n, Structure_n, \\ Object(s)_n, Subject(s)_n, \\ Complexity_n, Importance_n, \\ relOPR_n \end{array} \right\} \quad (6)$$

де ID_n^{opr} – унікальний ідентифікатор n-ї технологічної операції;

$Name_n$ – назва n-ї операції;

$Purpose_n$ – мета виконання n-ї операції;

$Applicability_n$ – застосовність n-ї операції з описом обмежень її виконання;

$Structure_n$ – структура n-ї операції, тобто послідовно упорядкована множина елементів, з яких складається n-а технологічна операція;

$Object(s)_n$ – об'єкт/об'єкти керування (повітряні судна), по відношенню до яких виконується n-а операція в рамках вирішення проблемної ситуації q-м методом;

$Subject(s)_n$ – суб'єкт/суб'єкти (суміжний орган ОПР, військовий сектор, служба забезпечення польотів тощо), яких стосується виконання n-ї операції;

$Complexity_n$ – складність виконання n-ї технологічної операції;

$Importance_n$ – важливість виконання n-ї технологічної операції у складі методу;

$relOPR_n$ – зв'язок n-ї технологічної операції з іншими операціями, що входять до складу алгоритму, з описом чіткої їх диференціації.

Розглянемо таку складову ОМПО, як **предметна онтологію певної типової проблемної ситуації**. Предметна онтологія містить поняття, що описують предметну область адаптивної тренажерної підготовки та відносини, які семантично значущі для цієї

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

предметної області. Предметна область в цьому контексті – це об'єкти та їх властивості, якими оперує автоматизована система при формуванні адаптивних вправ із застосуванням синтетичних засобів тренажу. Так, запропонована нами предметна онтологія, складається з ядра – центрального об'єкту онтології – та набору параметрів, використання яких дозволить реалізувати механізми вибору індивідуальних стратегій навчання в автоматизованій системі керування якістю тренажерної підготовки авіадиспетчерів для автоматичного генерування адаптованих до дій користувача тренувальних вправ. При цьому кожен параметр предметної онтології відповідає за освоєння визначених фахових і ССН-компетентностей через зв'язок з відповідними стратегіями навчання.

Елементами онтології «проблемна ситуація», зокрема «потенційно-конфліктна ситуація», виступають її центральний об'єкт (це сама типова проблемна ситуація) та його властивості (параметри самої ситуації та умови, за яких вона виникає та розвивається). Параметри проблемної ситуації в онтології відіграють такі ролі:

1. Визначають ті сторони ситуації, які повинен навчитись своєчасно та безпомилково ідентифікувати майбутній авіадиспетчер, навчитись справлятися з існуючими загрозами та помилками під час виконання тренувальної вправи.

2. Фіксують відповідні обмеження та можливості вирішення авіадиспетчером певних проблемних ситуацій.

3. Охоплюють собою ті адаптивні змінні, що визначають особливості виникнення та розвитку типової проблемної ситуації. Наведені властивості (параметри) проблемної ситуації стосуються забезпечення варіативних умов та підвищеної складності їх ідентифікації та розв'язання. Отже, ці параметри визначають певні аспекти (параметри) навчальних дій, що виконуються авіадиспетчером в рамках відпрацювання всього комплексу корегувальних індивідуальних стратегій навчання: від розбору і відпрацювання помилок без залучення або часткового залучення тренувального устаткування до виконання адаптивних вправ визначеного ступеню варіативності та складності з його обов'язковим застосуванням.

Основними поняттями (об'єктами) предметної онтології **«потенційно-конфліктна ситуація»** (ПКС) виступають (рис. 4):

1. Теорія і схеми: назва/опис/графічне представлення методів вирішення конфлікту відповідного типу; мінімуми/схема вертикального ешелонування ПС; мінімуми/схема горизонтального ешелонування ПС; дані ЛТХ ПС, що беруть участь в симуляції; горизонтальні та вертикальні межі і термін дії зон обмежень на польоти.

2. Характеристика і параметри:

2.1 Тип конфлікту (ПКС між ПС / ПКС, пов'язана з наближенням до зон обмеження польотів);

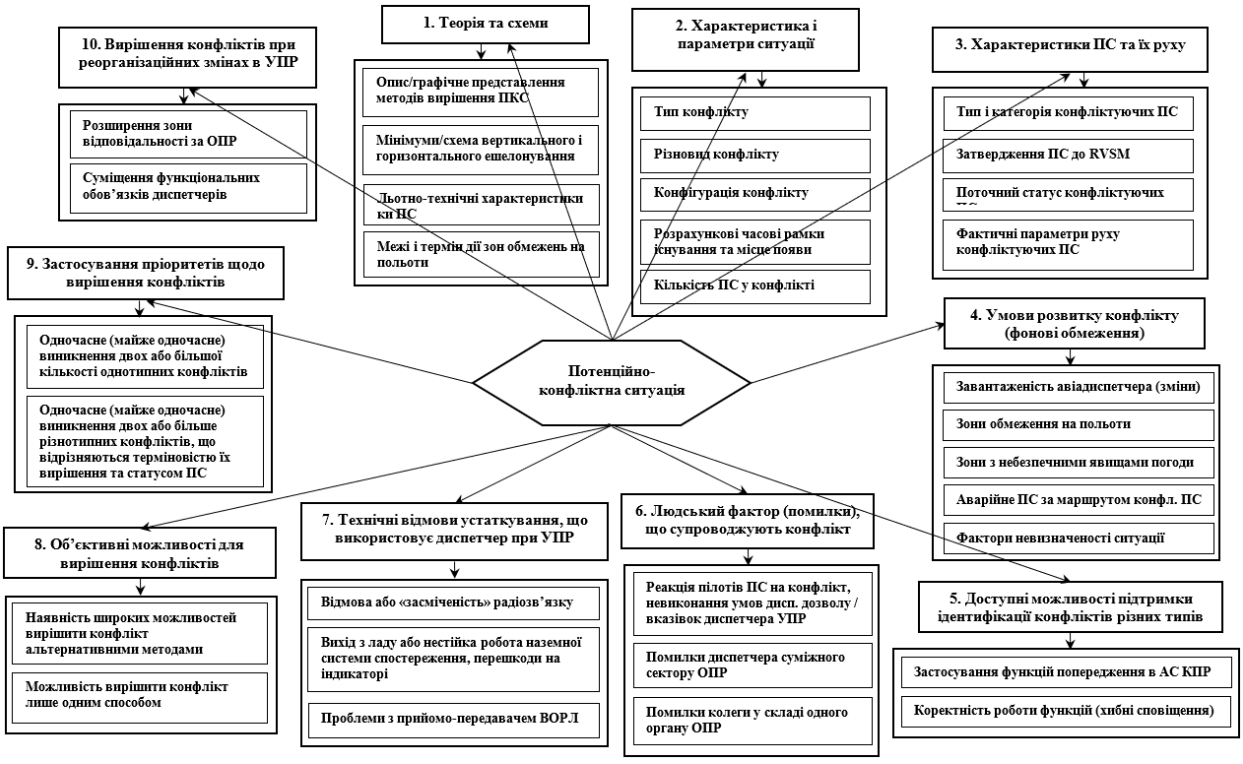

Рис. 4. Предметна онтологія проблемної ситуації типу «потенційно-конфліктна ситуація»

2.2 Різновид конфлікту (конфлікт між ПС: ПКС при попутному горизонтальному польоті конфліктуючих ПС на одному рівні на одному і тому ж маршруті польоту; ПКС між ПС, що виконують політ на курсах, що перетинаються, в горизонтальному польоті; ПКС при слідуванні хоча б одного з ПС в змінному профілі польоту за траєкторіями, що перетинаються на попутному/зустрічному курсі в наборі/зниженні тощо).

2.3 Конфігурація конфлікту: ситуативне взаємне розташування конфліктуючих ПС у повітрі, пересічення розрахункових ліній шляху та профілі польоту конфліктуючих ПС, швидкості зближення ПС, розрахунковий час максимального зближення ПС тощо.

2.4 Розрахункові часові рамки існування та місце появи конфлікту (ділянки маршруту та/або рівні польоту);

2.5 Кількість ПС, що беруть участь у конфлікті.

3. Характеристики ПС та їх руху:

3.1 Тип і категорія ПС, що задіяні у конфлікті.

3.2 Затвердження ПС, що беруть участь у конфлікті, до польотів у повітряному просторі з RVSM.

3.3 Поточний статус конфліктуючих ПС: літерні, аварійні, пошуково-рятувальні тощо.

3.4 Фактичні параметри руху конфліктуючих ПС: швидкість, рівень, курс, профіль польоту.

4. Умови розвитку конфлікту (фонові обмеження):

4.1 Рівень завантаженості диспетчера УПР під час виникнення та розвитку конфлікту (його зміни та різкі коливання).

4.2 Наявність зон обмежень на польоти за маршрутом польоту конфліктуючих ПС.

4.3 Наявність зон з небезпечними явищами погоди.

4.4 Наявність аварійного ПС за маршрутом слідування конфліктуючих ПС.

4.5 Наявність дефіциту часу на прийняття рішення.

4.6 Наявність неточної та/або неповної інформації про повітряний рух.

5. Доступні можливості підтримки ідентифікації конфліктів різних типів:

5.1 Застосування функцій попередження в автоматизованій системі керування повітряним рухом (MTCD, STCA, APW, MSAW) при виконанні учнем вправи: активований / деактивований стан.

5.2 Коректність роботи функцій: наявність похибок / помилок у виявленні ПКС, наявність та частота хибних сповіщень тощо.

6. Людський фактор (помилки), що супроводжують конфлікт між ПС (генеруються системою):

6.1 Реакція пілотів ПС на конфлікт, невиконання умов диспетчерського дозволу або вказівки диспетчера УПР / (невиконання вказівок до певних меж розвитку конфлікту, затримки у виконанні вказівок, не вірне виконання вказівок, виконання пілотами ПС несподіваних маневрів у вертикальній або горизонтальній площині).

6.2 Помилки диспетчера суміжного сектору ОПР у проведенні координації та інформуванні.

6.3 Помилки «колеги» диспетчера УПР, який виконує свої функції на одному робочому місці (диспетчера процедурного контролю), якщо його робота імітується на тренажері.

7. Технічні відмови устаткування, що використовує диспетчер при УПР:

7.1 Імітація відмови радіозв’язку (односторонній/двосторонній) або наявність «засміченості» радіозв'язку.

7.2 Імітація виходу з ладу або нестійкої роботи наземної системи спостереження, перешкод та/або засвічень на індикаторі.

7.3 Імітація непрацюючого/невірно працюючого прийомопередавача ВОРЛ.

8. Об’єктивні можливості для вирішення конфліктів:

8.1 Наявність широких можливостей вирішити конфлікт альтернативними методами (можливість прояву навичок з оптимізації прийняття рішення).

8.2 Можливість вирішити конфлікт лише одним способом.

9. Застосування пріоритетів щодо вирішення конфліктів:

9.1 Одночасне (або майже одночасне) виникнення двох або більшої кількості однотипних конфліктів.

9.2 Одночасне (або майже одночасне) виникнення двох або більше різнотипних конфліктів, що відрізняються терміновістю їх вирішення та статусом ПС, які беруть участь у конфлікті.

10. Вирішення конфліктів при реорганізаційних змінах в УПР:

10.1 Розширення зони відповідальності за ОПР (об'єднання кількох секторів УПР в один при незначній інтенсивності польотів, здійснення УПР диспетчером РДЦ у диспетчерських районах СТА і ТМА).

10.2 Суміщення функціональних обов’язків (виконавчого диспетчера і диспетчера процедурного контролю).

Основними об’єктами предметної онтології етапу ССН «контроль і аналіз помилок / оцінка прогресу» виступають (рис. 5):

1. Менеджмент помилок:

1.1 Режим корегування помилок: автономний або з обмеженим використанням автоматизованих засобів навчальної підтримки (АЗНП).

1.2 Складові менеджменту власних помилок,

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

завдання та етапи виконання: оперативний контроль власних помилок та їх парування під час виконання тренувальних вправ; посттренувальний аналіз (дебрифінг) учнем причин помилок та визначення проблеми (потреби в здобутті (відновленні) певних статичних і динамічних знань або формуванні певних вмінь і навичок); власна оцінка прогресу рівня розвитку складових фахових компетентностей і спеціалізованих ССН-компетентностей.

1.3 Види навчальних матеріалів і засобів: електронні нормативні документи та робочі інструкції, льотно-технічні характеристики ПС та їх обмеження, діюча система ешелонування ПС, параметри режимного повітряного простору; аудіо-відео матеріали; обмежена симуляція з використанням синтетичних засобів тренажу тощо.

1.4 Наявність автоматизованих засобів підтримки (функцій сповіщення): попередження про конфліктні ситуації різного типу, що використовуються в сучасних АС КПР.

1.5 Наявність і типи електронних засобів навчання: педагогічні програмні засоби та АЗНП.

2. Аналіз помилок:

2.1 Режими та рівень підтримки з боку АЗНП. Режим: автоматичний (загальний); автоматичний (вибірковий); за запитом користувача (учня). Рівень підтримки: високий, середній, низький.

2.2 Аспекти діяльності, що підлягають аналізу, та застосовні критерії її оцінки: процедурно-операційні сторони навчальної діяльності з відповідними критеріями їх оцінки (безпомилковість, точність, своєчасність, результативність тощо).

2.3 Вид завдання з аналізу дій щодо «простої» проблемної ситуації та пов'язаних з нею помилок: встановлення причинно-наслідкових зв'язків виникнення події; часових рамок її існування та аналіз своєчасності дій; аналіз власних дій в порівнянні з еталонним алгоритмом дій щодо розв'язання проблемної ситуації певного типу; аналіз неефективного вирішення проблемної ситуації та/або фактичних чи потенційних наслідків порушень положень технології роботи авіадиспетчера;

2.4 Вид завдань з аналізу дій щодо комплексної проблемної ситуації та пов'язаних з нею помилок: способи її ідентифікації та розкладання на часткові проблемні ситуації; встановлення причинно-наслідкових зв'язків виникнення окремих подій та взаємозв'язку між проблемними ситуаціями та визначення пріоритетів звертання до них; часових рамок їх існування та аналіз своєчасності дій; взаємозв'язок алгоритмів дій з вирішення окремих проблемних ситуацій у складі комплексної; порівняння фактичної та цільової результативності її вирішення.

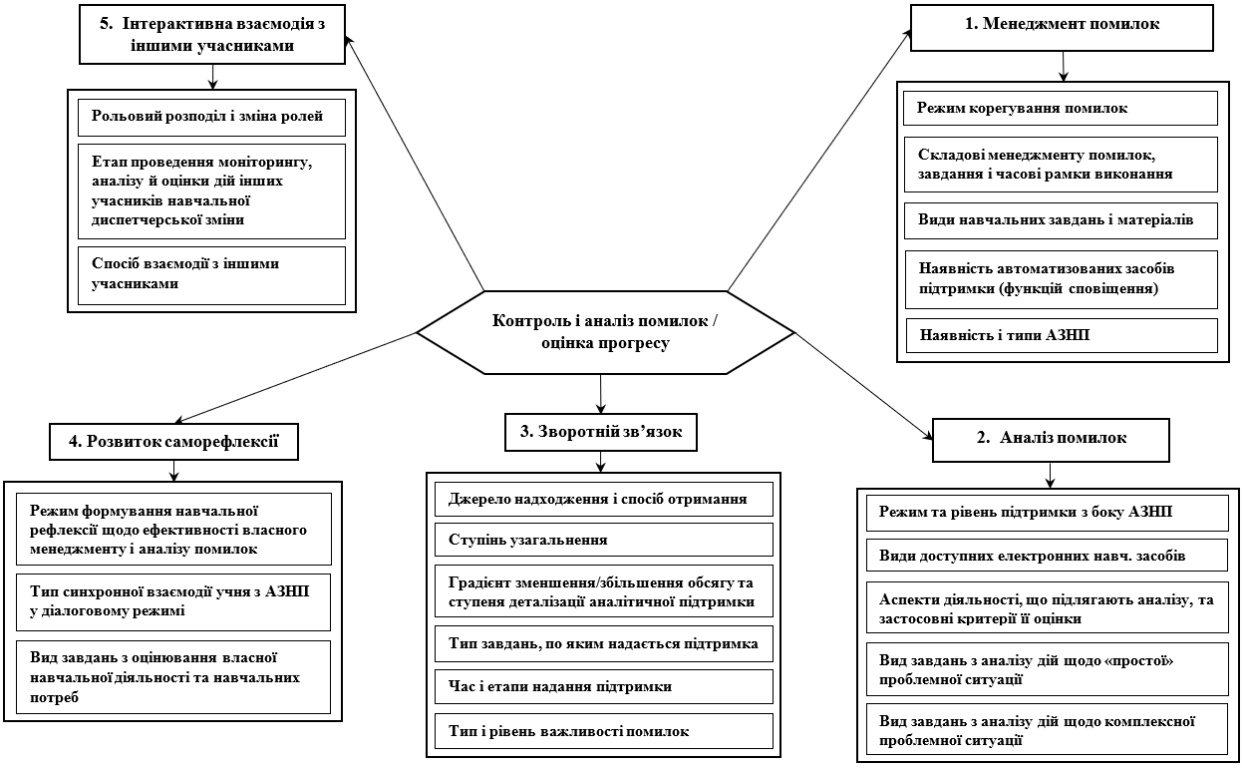

Рис. 5. Предметна онтологія етапу ССН
«контроль і аналіз помилок / оцінка прогресу»

3. Зворотній зв'язок:

3.1 Джерело надходження: інструктор, автоматизовані засоби навчальної підтримки. Спосіб представлення: текстовий, вербальний, аудіо та відео демонстрація або їх комбінація.

3.2 Ступінь узагальнення при наданні зауважень, рекомендацій і коментарів.

3.3 Градієнт зменшення або збільшення обсягу та ступеня деталізації інформаційної і консультативної підтримки.

3.4 Тип завдань, що передбачає надання зворотного зв'язку.

3.5 Тип і рівень важливості (критичності) помилок, по яким надається інформаційна та/або аналітична підтримка.

3.6 Час і етапи надання: під час виконання тренувальний вправи; післятренувальний аналіз, надання історичних даних на різну часову глибину з динамікою прогресу/регресу рівня розвитку певних груп вмінь та навичок, як фахових, так і спеціальних (ССН).

4. Розвиток саморефлексії:

4.1 Режим формування навчальної рефлексії учнем: повністю автономний контроль і аналіз результативності власної навчальної діяльності; ідентифікація та аналіз недоліків у менеджменті та аналізі власних помилок з обмеженою підтримкою з боку АЗНП; зміна ролей (відіграш ролі інструктора в пошуці слабких місць в розвитку своїх ССН-навичок).

4.2 Вид завдання з оцінки власної навчальної діяльності та навчальних потреб: оцінка власних дій у кількісному відношенню за відповідними критеріями з виведенням загальної оцінки виконання тренувальної вправи та визначенням проблемних питань і сторін своєї діяльності.

4.3 Тип синхронної взаємодії учня з АЗНП у діалоговому режимі: простий запит і команда; анкетування; шаблон; питання з простими однозначними відповідями; провокаційні питання до користувача з відкритими відповідями.

5. Характер інтерактивної взаємодії з іншими учасниками:

5.1 Рольовий розподіл та зміна ролей: роль диспетчера суміжного сектору ОПР, старшого диспетчера, диспетчера-інструктора в контексті визначення і корегування помилок іншого учасника тренувань; відіграш ролі інструктора в аналітичному брифінговому форматі власних помилок.

5.2 Етапи проведення моніторингу, аналізу й оцінки дій інших учасників навчальної диспетчерської зміни: оперативна «робота» під час зміни; дефрифінг (розбір помилок і якості ОПР) в команді «диспетчерської зміни».

5.3 Способи взаємодії: мовне спілкування, обмін оперативними повідомленнями в текстовому форматі.

Висновки

В роботі сформульовано основні вимоги до моделі предметної навчальної області адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів. Запропонована комплексна онтологічна модель предметної області адаптивної передтренажерної підготовки майбутніх авіадиспетчерів ґрунтується на структурній моделі предметної області передтренажерної підготовки, циклічній моделі самоспрямованого навчання та моделі предметної області забезпечення адаптивного середовища самоспрямованого навчання з формуванням відповідних предметних онтологій. Подана модель виступатиме базисом для генерування автоматизованою системою індивідуальних стратегій навчання майбутніх авіадиспетчерів на передтренажерному етапі підготовки. Застосування індивідуально адаптованих стратегій навчання повинно комплексно забезпечувати: по-перше, гарантоване досягнення учнями програмних результатів навчання у визначені терміни при відпрацюванні ними тренувальних вправ, пов'язаних з вирішенням конфліктів; по-друге, адаптивне формування в учнів спеціалізованих компетентностей з самоспрямованого навчання, зокрема, спеціальних когнітивних і метакогнітивних професійних навичок та здатності до стратегічного й тактичного керування власним навчанням.

Розроблена модель предметної області адаптивної передтренажерної підготовки виступатиме підґрунтям для вирішення комплексу науково-практичних завдань:

1) розробити структурну і функціональну моделі автоматизованої системи адаптивної передтренажерної підготовки авіадиспетчерів (АС АПП) на засадах концепції ССН;

2) побудувати адаптивну інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень для передтренажерної підготовки авіадиспетчерів та інтегрувати її до АС АПП з врахуванням розробленого комплексу ергономічних і функціональних вимог;

3) визначити систему спеціалізованих стратегій навчальної діяльності з розвитку навичок ССН авіадиспетчерів;

4) розробити модель і алгоритми адаптації стратегій формування навичок ССН до поточного рівня розвитку індивідуальних когнітивних і метакогнітивних здібностей майбутніх авіадиспетчерів на етапі їх передтренажерної підготовки.

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

Література

1. *Лейченко, С. Д. Человеческий фактор в авиации [Текст] : монография / С. Д. Лейченко, А. В. Малышевский, Н. Ф. Михайлик. – Кировоград : ИМЕКС, 2006. – 512 с.*

2. *Wiegmann, D. A. A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system [Text] / D. A. Wiegmann, S. A. Shappell. – Routledge, 2017. – 178 p. DOI: 10.4324/9781315263878.*

3. *EUROCONTROL Human Resources Team. Guidelines for selection procedures and tests for ab initio trainee controllers (Revised), HRS/MSP-002-GUI-01 [Text]. – Brussels, Belgium : EUROCONTROL, 2001. – 100 p.*

4. *Salden, R. A comparison of approaches to learning task selection in the training of complex cognitive skills [Text] / R. Salden, F. Paas, J. J. G. Van Merriënboer // Computers in Human Behavior. – 2006. – Vol. 22, No. 3. – P. 321–333.*

5. *Theobald, M. Self-regulated learning training programs enhance university students' academic performance, self-regulated learning strategies, and motivation: A meta-analysis [Text] / M. Theobald // Contemporary Educational Psychology. – 2021. – Vol. 66. – Article No. 101976. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2021.101976.*

6. *Биков, В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти [Текст] : монографія / В. Ю. Биков. – К. : Атіка, 2009. – 684 с.*

7. *Волоков, О. І. Системи якості вищих навчальних закладів : теорія і практика [Текст] / О. І. Волоков. – К. : Наукова думка, 2006. – 302 с.*

8. *Kabudi, T. AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature [Text] / T. Kabudi, I. Pappas, D. H. Oslen // IFIP Advances in Information and Communication Technology. – 2020. – No. 617. – P. 67-76. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100017.8.*

9. *ICAO training report. News and features on civil aviation-related training developments [Text]. – Montreal : ICAO, 2014. – Vol. 4, No. 2. – 56 p.*

10. *Threat and Error Management (TEM) in Air Traffic Control [Text]. Cir. ICAO. 314-AN/178. – Montreal : ICAO, 2008. – 36 p.*

11. *Beldagli, B. Illustrating an ideal adaptive e-learning: A conceptual framework [Text] / B. Beldagli, T. Adiguzel // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2010. – No. 2. – P. 5755-5761. DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.03.939.*

12. *Froschl, C. User Modeling and User Profiling in Adaptive E-learning Systems [Text] / C. Froschl // Master's Thesis, Faculty of Computer Science. Graz University of Technology. – 2005. – 180 p.*

13. *Winne, P. H. Studying as self-regulated learning [Text] / P. H. Winne, A. F. Hadwin // In D. J. Hacker, J. Dunlosky, A. C. Graesser (Eds.). Metacognition in educational theory and practice. Hillsdale. – NJ : Erlbaum, 1998. – P. 279-306.*

14. *Pintrich, P. R. The role of goal orientation in self-regulated learning [Text] / P. R. Pintrich // In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, and M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation, San Diego. – CA : Academic, 2005. – P. 451-502.*

15. *Morris, T. H. Digitization bolstering self-directed learning for information literate adults – A systematic review [Text] / T. H. Morris, M. Rohs // Computers and Education Open. – 2021. – Vol. 2. – DOI: 10.1016/j.caeo.2021.100048.*

16. *Кеберле, Н. Г. Моделирование динамических предметных областей в онтологиях [Текст] / Н. Г. Кеберле // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2009. – № 3(21). – С. 121–127.*

17. *Kristensen, T. Dynamic Content Manager – A New Conceptual Model for E-Learning [Text] / T. Kristensen, Y. Lamo, K. R. Hinna, G. O. Hole // Proceedings of the International Conference on Web Information Systems and Mining (WISM '09). – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009. – P. 499–507.*

18. *Novak, J. D. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them [Text] / J. D. Novak, A. J. Canas // Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev. 2008-01. – Florida Institute for Human and Machine Cognition, USA, 2006. – 36 p.*

19. *Competency-Based Learning Object Sequencing Using Particle Swarms [Text] / L. De-Marcos, C. Pages, J. J. Martinez, J. A. Gutierrez // Proceedings of 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence ICTAI: 2007. 29–31 October 2007. – Vol. 2. – P. 111-116.*

20. *Van der Veer, G. C. Introduction to Groupware Task Analysis [Text] / G. C. Van der Veer, M. Van Welie, C. Chisalita // TAMODIA-2002. – 2002. – P. 32-39.*

21. *Peeters, M. M. M. An ontology for automated scenario–based training [Text] / M. M. M. Peeters, K. V. Bosch, M. A. Neerincx, J. J. C. Meyer // International Journal of Technology Enhanced Learning. – 2014. – № 6. – P. 195-211. DOI: 10.1504/IJTEL.2014.068354.*

22. *Пальоний, А. С. Метод адаптивної передтренажерної підготовки авіадиспетчерів на засадах самоспрямованого навчання [Текст] / А. С. Пальоний, В. В. Колівашко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2022. – № 1(177). – С. 64-77. DOI: 10.32620/aktt.2022.1.08.*

References

1. Leychenko, S. D., Malyshevskiy, A. V., Mikhaylik, N. F. *Chelovecheskiy faktor v aviatsii* [Human factors in aviation]. Kirovograd, IMEKS Publ., 2006. 512 p.

2. Wiegmann, D. A., Shappell, S. A. *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system.*

Routledge Publ., 2017. 178 p. DOI: 10.4324/978131 5263878.

3. *EUROCONTROL Human Resources Team. Guidelines for selection procedures and tests for ab initio trainee controllers (Revised*), HRS/MSP-002-GUI-01. Brussels, Belgium, EUROCONTROL Publ., 2001. 100 p.

4. Salden, R., Paas, F., Van Mer-riënboer, J. J. G. A comparison of approaches to learning task selection in the train-ing of complex cognitive skills. *Computers in Human Behavior*, 2006, vol. 22, no.3, pp. 321-333.

5. Theobald, M. Self-regulated learning training programs enhance university students' academic performance, self-regulated learning strategies, and motivation: A meta-analysis. *Contemporary Educational Psychology*, 2021, vol. 66, article no. 101976. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2021.101976.

6. Bikov, V. Yu. *Modeli organizatsiynikh sistem vidkritoï osviti* [Models of open education organizational systems]. Kyiv, Atika Publ., 2009. 684 p.

7. Volokov, O. I. *Sistemi yakosti vishchikh navchal'nikh zakladiv : teoriya i praktika* [Quality systems of higher educational institutions: theory and practice]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 2006. 302 p.

8. Kabudi, T., Pappas, I., Oslen, D. H. AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2020, no. 617, pp. 67-76. DOI: 10.1016/ j.caeai.2021.100017.8.

9. *ICAO training report. News and features on civil aviation-related training developments*. ICAO, 2014. vol. 4, no. 2. 56 p.

10. *Threat and Error Management (TEM) in Air Traffic Control*. Cir. 314-AN/178. Montreal, ICAO Publ., 2008. 36 p.

11. Beldagli, B., Adiguzel, T. Illustrating an ideal adaptive e-learning: A conceptual framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2010, no. 2, pp. 5755-5761. DOI: 10.1016/j.sbspro. 2010.03.939.

12. Froschl, C. User Modeling and User Profiling in Adaptive E-learning Systems. *Master's Thesis, Faculty of Computer Science*, Graz University of Technology, 2005. 180 p. DOI: 10.1.1.86.8861.

13. Winne, P. H., Hadwin, A. F. Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, A. C. Graesser (Eds.). *Metacognition in educational theory and practice*. Hillsdale, NJ, Erlbaum Publ., 1998, pp. 279-306.

14. Pintrich, P. R. The role of goal orientation in self-regulated learning / In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, and M. Zeidner (Eds.). *Handbook of self-regulation*, San Diego, CA, Academic Publ., 2005. pp. 451-502.

15. Morris, T. H., Rohs, M. Digitization bolstering self-directed learning for information literate adults – A sys-tematic review. *Computers and Education Open*, 2021, vol. 2. DOI: 10.1016/j.caeo.2021.100048.

16. Keberle, N. G. Modelirovanie dinamicheskikh predmetnykh oblastey v ontologiyakh [Modeling of dynamic subject areas in ontologies]. *Zbirnik naukovikh prats' Kharkivs'kogo natsional'nogo universitetu Povitryanikh Sil*, 2009, no. 3(21), pp. 121–127.

17. Kristensen, T., Lamo Y., Hinna, K. R., Hole, G. O. Dynamic Content Manager – A New Conceptual Model for E-Learning. *Proceedings of the International Conference on Web Information Systems and Mining (WISM '09)*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg Publ., 2009, pp. 499–507.

18. Novak, J. D., Canas, A. J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. *Technical Report IHMC CmapTools* 2006-01 Rev. 2008-01. Florida Institute for Human and Machine Cognition, USA, 2006. 36 p.

19. De-Marcos, L., Pages, C., Martinez, J. J., Gutierrez, J. A. Competency-Based Learning Object Sequencing Using Particle Swarms. *Proceedings of 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence ICTAI*: 2007, 29–31 October 2007, vol. 2, pp. 111-116.

20. Van der Veer, G. C., Van Welie, M., Chisalita, C. Introduction to Groupware Task Analysis. *TAMODIA-2002*, 2002, pp. 32-39.

21. Peeters, M. M. M., Neerincx, M. A., Meyer J. J. C. An ontology for automated scenario–based training. *International Journal of Technology Enhanced Learning,* 2014, no. 6, pp. 195-211. DOI: 10.1504/ IJTEL.2014.068354.

22. Pal'oniy, A. S., Kolivashko, V. V. Metod adaptivnoï peredtrenazhernoï pidgotovki aviadispetcheriv na zasadakh samospryamovanogo navchannya [Method of adaptive pre-simulation training of air traffic controllers based on self-directed learning]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2022, no. 1(177), pp. 64-77. DOI: 10.32620/aktt.2022.1.08.

Надійшла до редакції 06.04.2021, розглянута на редколегії 16.05.2022

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ ПРЕДТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ САМОНАПРАВЛЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

А. С. Паленный, В. В. Коливашко

Предметом исследования в статье является модель предметной области системы адаптивной предтренажерной подготовки будущих авиадиспетчеров с использованием принципов самонаправленного обучения. **Целью** статьи является разработка онтологической модели предметной области адаптивной подготовки будущих авиадиспетчеров с применением синтетических средств тренажа для отработки ими задач, связанных с решением потенциально-конфликтных ситуаций в воздушном движении, предполагающей формиро-

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

вание навыков самонаправленного обучения на предтренажерном этапе подготовки. **Задачи:** исследовать основные подходы к моделированию учебных предметных областей в сфере адаптивного обучения; сформулировать основные требования к модели предметной области адаптивного обучения будущих авиадиспетчеров в предтренажерном формате; разработать онтологическую модель предметной области адаптивного практического обучения авиадиспетчеров по решению задач, связанных с конфликтным воздушным движением, включая развитие навыков самонаправленного обучения. Используемыми **методами** являются: анализ, сравнение и синтез; системный анализ, моделирование, метод декомпозиции, методы теории множеств и теории графов. Получены следующие **результаты.** Представленная в работе онтологическая модель предметной области адаптивного обучения будущих авиадиспетчеров может быть использована как основа разработки автоматизированной системы управления качеством предтренажерной подготовки авиадиспетчеров. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: впервые разработана комплексная онтологическая модель предметной области адаптивной предтренажерной подготовки будущих авиадиспетчеров, основывающаяся на модели предметной области передтренажерной подготовки, циклической модели самонаправленного обучения и модели предметной области обеспечения адаптивной среды самонаправленного обучения. Данная модель может выступать основой для генерирования индивидуальных стратегий обучения будущих авиадиспетчеров на предтренажерном этапе подготовки, применение которых должно комплексно обеспечивать: во-первых, гарантированное достижение учащимися программных результатов обучения в строго определенные сроки; во-вторых, адаптивное формирование в учащихся специализированных компетентностей по самонаправленному обучению, в частности, специальных когнитивных и мета-когнитивных профессиональных навыков и способности к стратегическому и тактическому управлению собственным обучением.

Ключевые слова: адаптивное обучение; авиадиспетчер; предтренажерная подготовка; автоматизированная система; самонаправленное обучение; предметная область; онтология.

DOMAIN MODELLING OF THE FUTURE AIR TRAFFIC CONTROLLERS' ADAPTIVE PRE-TRAINING SYSTEM USING ELEMENTS OF SELF-DIRECTED LEARNING

Andrii Palonyi, Viktoriia Kolivashko

The **subject matter** of the article is the domain model of the future air traffic controllers' adaptive pre-training system using the principles of the self-directed learning. **This article aims to develop** an ontological domain model of the future air traffic controllers' adaptive pre-training system using synthetic simulators for practicing potential conflict solving activities, which involves the formation of self-directed learning skills at the pre-simulator training stage. **The tasks**: research the main modeling approaches of the adaptive learning domain; create the main requirements for the domain model of the future air traffic controllers' adaptive pre-training system; develop an ontological domain model for the future air traffic controllers' adaptive pre-training to solve air traffic congestion problems with self-directed learning skills formation. **The methods** used are analysis, comparison and synthesis; system analysis; graphic and object modeling; decomposition methods and graph theory. The following **results** were obtained. The ontological domain model for the future air traffic controllers' adaptive pre-training presented in the paper can be used as the basis for developing an air traffic controllers' automated pre-training quality management system. **Conclusions**. The scientific novelty of the results obtained is as follows: first-time a complex ontological domain model for future air traffic controllers' adaptive pre-training was developed. The model is based on the domain model of pre-simulator training, the cyclic model of self-directed learning and the domain model to provide an adaptive environment for self-directed learning. The model can provide generate individual training strategies for future air traffic controllers at the pre-simulator training stage. Such a model should comprehensively provide: firstly, guaranteed achievement of program-level learning outcomes by learners within a certain training period; secondly, the adaptive teaching of specialized self-directed learning competencies, in particular, special cognitive and meta-cognitive professional skills and the ability of the strategic and tactical management of their own learning.

Keywords: adaptive learning; air traffic controller; pre-simulation training; automated system; self-directed learning; domain model; ontology.

Пальоний Андрій Сергійович – канд. техн. наук, в.о. зав. каф. обслуговування повітряного руху, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна,

Колівашко Вікторія Вікторівна – здобувач третього рівня вищої освіти Льотної академії Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна.

Andrii Palonyi – PhD in Engineering, interim Head of Department of Air Traffic Service Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine,
e-mail: andreypalen@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1539-3671,
https://scholar.google.ru/citations?user=mdrYlRYAAAAJ.

Viktoriia Kolivashko – Graduate Student of the Postgraduate Studies Department of the Flight Academy of National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine,
e-mail: kolivashko.viktoria@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0903-7892.