

УДК 004.896

Джума Л. Н., канд. техн. наук, доцент. Тел.: +380 (93) 780 36 76. E-mail: ldzhuma@gmail.com

Неделько В. Н., канд. техн. наук, доцент. Тел.: +380 (50) 487 27 76,. E-mail: nvn60@ukr.net

Пилипёнок О. Н., преподаватель. Тел.: +380 (66) 503 14 09. E-mail: oksana.pilipyonok@gmail.com
(Кировоградская летная академия Национального авиационного университета)

Хох В. Д., магистр. Тел.: +380 (63) 262 96 61. E-mail: ch2oa516@gmail.com
(Кировоградский национальный технический университет)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Dzhuma L. N., Nedelko V. N., Pilipyonok O. N., Khokh V. D. Intellectual training system as a means of enhancing effectiveness of air traffic control. The article is substantiated to the necessity of developing the intellectual training system (ITS) «Tower Controller». It provides an overview of foreign and domestic scientists, which were involved in practical training automation and professional activities of air traffic controllers and other specialists. The client-server architecture of ITS «Tower Controller» is proposed. The modes of ITS operation, program realization and testing are described.

Keywords: Tower controller, intellectual training system, client-server architecture, stages of the intellectual training system life cycle, air traffic controller

Джума Л. М., Неделько В. М., Пилипёнок О. М., Хох В. Д. Интеллектуальна навчальна система як засіб підвищення ефективності процесів управління повітряним рухом. У статті обґрунтовується необхідність розробки інтелектуальної навчальної системи (ІНС) «Диспетчер Tower». Представляється короткий огляд зарубіжних і вітчизняних вчених, що займалися питаннями автоматизації практичної підготовки та професійної діяльності авіадиспетчерів та інших фахівців. Пропонується клієнт-серверна архітектура ІНС «Диспетчер Tower». Описуються режими роботи ІНС, їх програмна реалізація та тестування.

Ключові слова: диспетчер Tower, інтелектуальна навчальна система, клієнт-серверна архітектура, етапи життєвого циклу, авіадиспетчер

Джума Л. Н., Неделько В. Н., Пилипёнок О. Н., Хох В. Д. Интеллектуальная обучающая система как средство повышения эффективности процессов управления воздушным движением. В статье обосновывается необходимость разработки интеллектуальной обучающей системы (ИОС) «Диспетчер Tower». Представляется краткий обзор зарубежных и отечественных ученых, занимающихся вопросами автоматизации практической подготовки и профессиональной деятельности авиадиспетчеров и других специалистов. Предлагается клиент-серверная архитектура ИОС «Диспетчер Tower». Описываются режимы работы ИОС, их программная реализация и тестирование.

Ключевые слова: диспетчер Tower, интеллектуальная обучающая система, клиент-серверная архитектура, этапы жизненного цикла, авиадиспетчер

Введение и постановка задачи

Любая деятельность предъявляет к человеку множество различных требований, среди которых одно из самых важных – это развитые профессионально значимые качества личности. Государственным предприятием по обслуживанию воздушного движения Украины «Укрэзрорух» на основе принципов Евроконтроля, а также собственных исследований были разработаны «Методические рекомендации по организации и проведению отбора кандидатов для прохождения начальной подготовки диспетчеров управления воздушным движением в Украине», регламентирующие профессионально значимые качества в работе авиадиспетчера. Согласно данным рекомендациям авиадиспетчер должен обладать:

– способностью запоминать и воспроизводить визуально и / или вербально закодированную информацию;

- умением концентрировать и распределять внимание, проявлять бдительность;
- развитым логическим мышлением;
- способностью быстро и правильно выполнять мысленно численный расчет;
- пространственным восприятием;
- умением решать несколько задач одновременно, учитывая приоритетность;
- способностью принимать решения, в том числе в условиях дефицита времени;
- умением налаживать связи и рабочие отношения с другими людьми (работать в группе), вести себя в соответствии с установленными правилами;
- устойчивостью к воздействию стрессов и усталости.

Вышеперечисленные качества не присущи авиадиспетчеру изначально. Их формирование и развитие – это длительный и достаточно сложный процесс, являющийся ключевым элементом профессиональной подготовки. Исходя из этого, существует тесная взаимосвязь между уровнем профессиональной подготовки и эффективностью выполнения функциональных обязанностей на рабочем месте. Недостаточный уровень профессиональной подготовки препятствует нормальному осуществлению человеком своих функциональных обязанностей и порождает ошибки в его деятельности. И, наоборот, высокий уровень профессиональной подготовки способствует успешному выполнению человеком своих должностных функций.

Согласно данным Национального бюро по расследованию авиационных происшествий (АП) и инцидентов с гражданскими воздушными судами в период с 2013 года по первое полугодие 2015 года коэффициент аварийности по событиям с последствиями высокого уровня (катастрофа, авария, серьезный инцидент) в Украине варьировал от 1,85 до 3,1 события на 100000 летных часов, причем значительное количество событий с последствиями приходилось на этапы взлета и посадки воздушных судов (ВС) [1-3].

Основным фактором, приводящим к возникновению авиационных происшествий и инцидентов стал технический фактор, который составил 30% (2013 г.), 31% (2014 г.) и 26% (2015 г.) от общего количества причинных факторов (вместе с производственно-конструктивным недостатком) [1-3]. В 27% (2013, 2014 гг.) и 19% (2015 г.) случаев главной или сопутствующей причиной возникновения авиационных происшествий и инцидентов был человеческий фактор [1-3]. Фактор среды (в том числе орнитологии) составил 27% (2013 г.), 32% (2014 г.) и 22% (2015 г.), организационный фактор (недостатки организации в авиационном предприятии) – 6% (2013 г.) и 7% (2015 г.) [1-3]. На момент выполнения анализа, неопределенными остались 10% (2013 г.), 5% (2014 г.) и 26% (2015 г.) от общего количества причинных факторов [1-3].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что среди прочих причин возникновения АП и инцидентов достаточно высокий процент припадает на человеческий фактор, связанный с ошибками, допущенными авиаспециалистами при выполнении своих функциональных обязанностей.

Одним из субъектов-участников этапов взлета и посадки ВС является диспетчер Tower (TWR), который в процессе своей профессиональной деятельности принимает различные управленческие решения, правильность и своевременность которых зависит от его подготовленности, опыта и личных качеств [4].

Важным элементом подготовки диспетчера TWR является обучение на тренажере. Тренажеры, которые применяются, как за рубежом, так и в Украине, направлены на представление рабочего места диспетчера TWR, максимально приближенного к реальному, но они не отображают сам процесс принятия решений авиадиспетчером [5]. Кроме того, необходимым условием обучения на диспетчерских тренажерах является наличие инструктора, что, в свою очередь, вносит в процесс обучения элементы субъективизма [5]. Исходя из этого, выполнение исследований, сосредоточенных на развитии и

совершенствовании методов обучения диспетчера TWR, является актуальной научно-технической задачей.

Повысить уровень профессиональной подготовки диспетчера TWR и, следовательно, эффективность процессов управления воздушным движением, возможно путем создания и внедрения в учебный процесс интеллектуальной обучающей системы «Диспетчер Tower». Она дополнит тренажерную подготовку с точки зрения изучения, поддержки и контроля процесса принятия решений при управлении взлетом-посадкой ВС и позволит сократить количество ошибок, допускаемых диспетчером TWR при выполнении своих функциональных обязанностей. Это, в свою очередь, повысит уровень безопасности полетов, а значит поможет сохранить жизнь авиапассажирам и уменьшит затраты на преодоление последствий авиационных происшествий.

Концептуальная модель интеллектуальной обучающей системы

Вопросами разработки различных обучающих систем, в том числе и интеллектуальных, занимались многие зарубежные и отечественные ученые, среди которых следует отметить таких как Дэ-Джун Хван, Мьюнг-Сук Дженни Панг, Марк Дж. Розенберг, Ятленко Б.Н., Солдаткин В. И., Бондаренко А.Г., Гусева А.И., Лисов О.И., Савельев А.Я., Тихомиров В.П., Игнатова И.Г., Боцул М.П. и др. В сфере автоматизации практической подготовки и профессиональной деятельности авиадиспетчеров – это Крыжановский Г.А., Кейн В., Бойцов В.А., Неделько С.Н., Неделько В.Н., Обидин Д.Н., Сикирда Ю.В., Чинченко Ю.В. Шмелева Т.Ф., Zhang J., Bayen A., Alem L., Schaefer D., Meckiff C., Magill A., Pirard B., Aligne F., Chone R., Nicolaon J., Mogford R., Guttman J., Morrow S., Kopardekar P., Histon J., Hansman J., Arad B., Schmidt D., Chatterji G., Averty A., Koros A., Della Rocco P., Panjwani G., Ingurgio V. и т.д.

Также существует ряд международных организаций, связанных с вопросами стандартизации и создания элементов системного подхода к построению обучающих систем, функционирующих на базе информационных технологий. Это IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), Sharable Content Object Model (SCORM) и Alliance of Remote Instructional Authoring & Distribution Networks for Europe (ARIADNE). Наиболее активно развивающейся международной ассоциацией в настоящее время является консорциум IMS Global Learning Consortium [6]. Однако, стандарты и спецификации, рекомендованные данными учреждениями, хоть и способствуют организации более совершенной работы проектировщиков обучающих систем, но они не учитывают возможных проблем с представлением структуры системы и выбором платформы реализации. Это объясняется сложностью унификации всех существующих подходов к формированию архитектуры системы и множеством возможных сред разработки.

Первый этап жизненного цикла обучающей системы. Концептуальное проектирование

Первый этап жизненного цикла любой интеллектуальной обучающей системы – это концептуальное проектирование.

При проектировании интеллектуальной обучающей системы «Диспетчер Tower» принимались во внимание исследованные недостатки существующих тренажерно-обучающих комплексов, основной среди которых – отсутствие акцентирования внимания авиадиспетчера на процессе принятия решений, и типичность ошибок, допускаемых диспетчером TWR на своем рабочем месте. Была предложена клиент-серверная архитектура системы, концептуальная схема которой представлена на Рис. 1.

Согласно такой структуре на сервере располагаются база знаний и реляционная база данных. База знаний включает в себя хранилище эталонных данных, нечеткие продукции метеоусловий, состояния взлетно-посадочной полосы (ВПП), ВС и управляющие нечеткие

продукции (продукции-триггеры пространств имен и правил применения продукции; продукции, конфигурирующие интеллектуальную систему). База данных содержит хранилище учетных данных субъекта обучения (фамилию, имя, отчество, номер группы и т.д.) и информацию об его успеваемости.

На компьютере субъекта обучения размещается клиентское приложение, состоящее из подсистем Генератор упражнения, Оценка знаний субъекта обучения, Демонстрация, контейнера текущего упражнения, фаззификатора и пользовательского интерфейса. Метеомонитор, схема летного поля, монитор радиолокатора и элементы взаимодействия субъекта обучения с ИОС формируют пользовательский интерфейс.

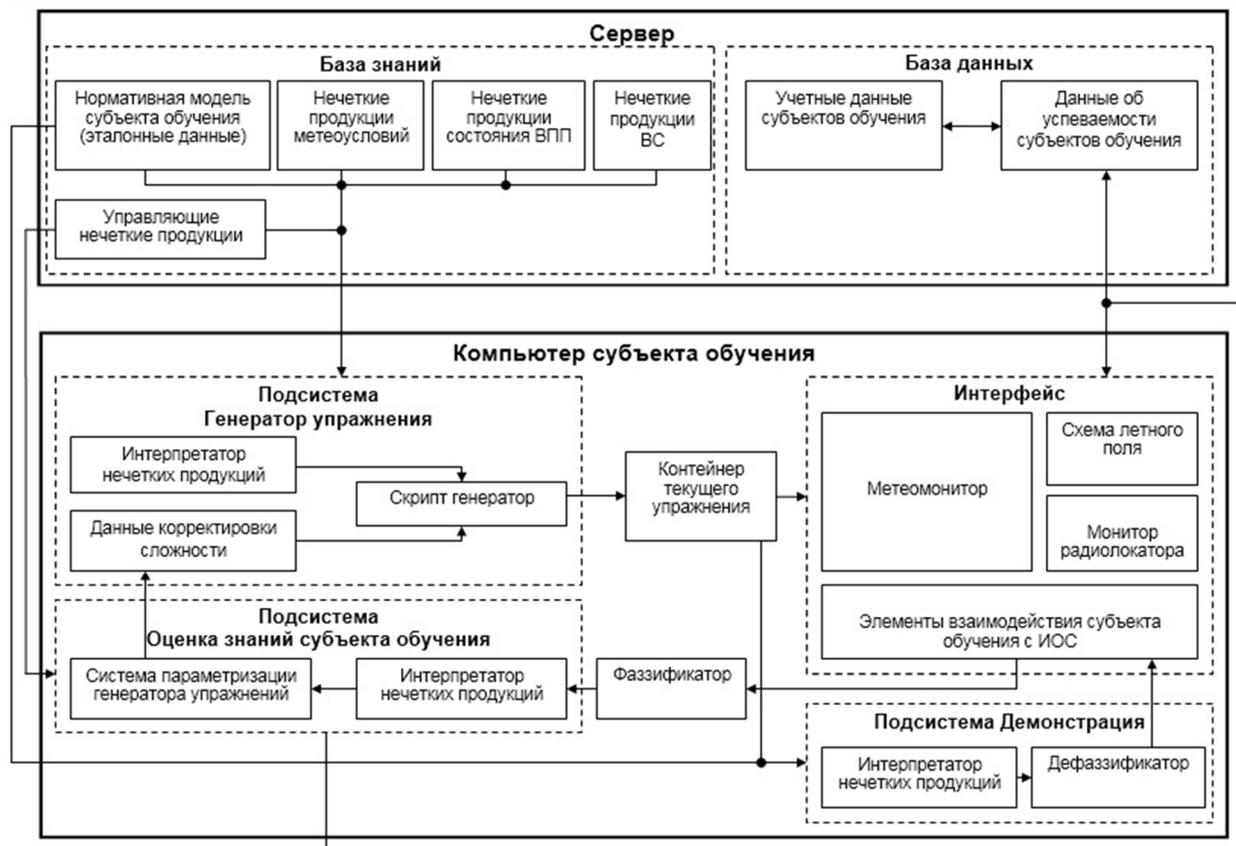


Рис. 1. Концептуальная схема интеллектуальной обучающей системы «Диспетчер Tower»

В подсистемы Генератор упражнения, Оценка знаний субъекта обучения, Демонстрация входят:

- интерпретатор нечетких продукций;
- скрипт генератор;
- данные корректировки сложности;
- система параметризации генератора упражнений;
- дефаззификатор.

Так как нечеткие продукции являются абстракцией над математическим и логическим аппаратом, используемым в традиционных средствах разработки и алгоритмических языках, то возникает необходимость интерпретировать данные нечетких продукций в естественные данные и последовательности логических операторов для текущих вычислительных систем. Эта функция возложена на интерпретатор нечетких продукций. Скрипт генератор отвечает за создание упражнения в виде сценария (скрипта), содержащего информацию для настройки пользовательского интерфейса и данные, загруженные заранее с хранилища эталонных данных, для оценки действий субъекта обучения. Также в скрипте возможно наличие некоторых управляющих (конфигурационных) нечетких продукций. Данные, необходимые

для генерирования скрипта и, в дальнейшем, для корректировки (в контейнере текущего упражнения) хода выполнения субъектом обучения представленного задания упорядоченно собираются в области памяти, называемой Данные корректировки сложности. Назначение системы параметризации генератора упражнений – определить набор управляющих (конфигурационных) нечетких продукций для описания пространства имен нечетких продукций, которые непосредственно примут участие в процессе генерации скрипта. Задача дефазификатора – преобразовать результаты работы системы в четкие, однозначные «высказывания», которые необходимы для генерирования сценариев, оценки успеваемости, формирования данных для вывода на метеомонитор и т.д. Фазификатор решает обратную задачу.

Предложенная структура предполагает следующую работу ИОС «Диспетчер Tower».

Режимы обучения и контроля. Субъект обучения регистрируется в системе. После его верификации соответствующими логином и паролем осуществляется попытка проверить записи об успеваемости. Если таких данных нет, загружается «пресет» упражнения – заранее разработанный сценарий, который дает оценку текущих знаний субъекта обучения. В случае наличия такой информации, управляющие нечеткие продукции конфигурируют из базы знаний пространство нечетких продукций метеоусловий, состояния ВПП, ВС, доступных для формирования сценария упражнения, и набор нечетких продукций для его решения. Полученное решение используется для оценки знаний субъекта обучения (подсистемой Оценка знаний субъекта обучения) и, в дальнейшем, при формировании нового набора управляющих / конфигурационных нечетких продукций. После генерирования сценарий загружается в контейнер текущего упражнения. В зависимости от действий субъекта обучения скрипт (сценарий) может запросить некоторое количество дополнительных нечетких продукций. Однако такая необходимость может возникнуть только в случае значительного отклонения субъекта обучения от возможных вариантов выполнения сценария. Когда упражнение выполнено – подсистема оценки знаний обновляет наборы конфигурационных нечетких продукций в учетных данных субъекта обучения и дает ему оценку. Результаты успеваемости сохраняются в базу данных и выводятся на пользовательский интерфейс.

Следует отметить, что воплощение в жизнь представленного режима работы возможно лишь при выполнении условий:

- решение сценария – это путь на взвешенном графе-дереве, начало его выполнения – в корне графа, его завершение – на одном из листьев;
- ребра графа (вес каждого ребра отображает состояния рабочей памяти) взвешены множествами с параметрами, моделируемыми системой;
- множества на каждом переходе от вершины к вершине (проход по ребру) передаются в фазификатор и преобразовываются во множество нечетких подмножеств, которыми оперирует система.

Режим демонстрации. У субъекта обучения может также возникнуть необходимость просмотреть, как он должен действовать в той или иной производственной ситуации. Для этого спецификацией системы предусмотрен режим демонстрации, основанный на автоматическом выполнении сценария из контейнера текущего упражнения. Поскольку при создании сценария должен формироваться и набор нечетких продукций для его решения, то системе не составит труда симитировать требуемые в рассматриваемой ситуации действия.

Второй этап жизненного цикла. Прототипирование

ИОС «Диспетчер Tower» осуществлялось в программной среде Rand Model Designer и на платформе Microsoft Visual Studio. В среде Rand Model Designer реализован демонстрационный режим, подробно описанный в публикации [4]. Режимы обучения и контроля – с использованием средств Microsoft Visual Studio.

Полученный прототип обеспечивает:

- ввод субъектом обучения самостоятельно принятых решений;
- вывод специальных сообщений-подсказок, оказывающих помощь в принятии решения;
- отображение схемы летного поля, монитора радиолокатора и метеомонитора, максимально приближенного к погодному дисплею автоматизированной станции метеорологического наблюдения типа АМАС-1, которым пользуется диспетчер TWR на своем рабочем месте (Рис. 2).

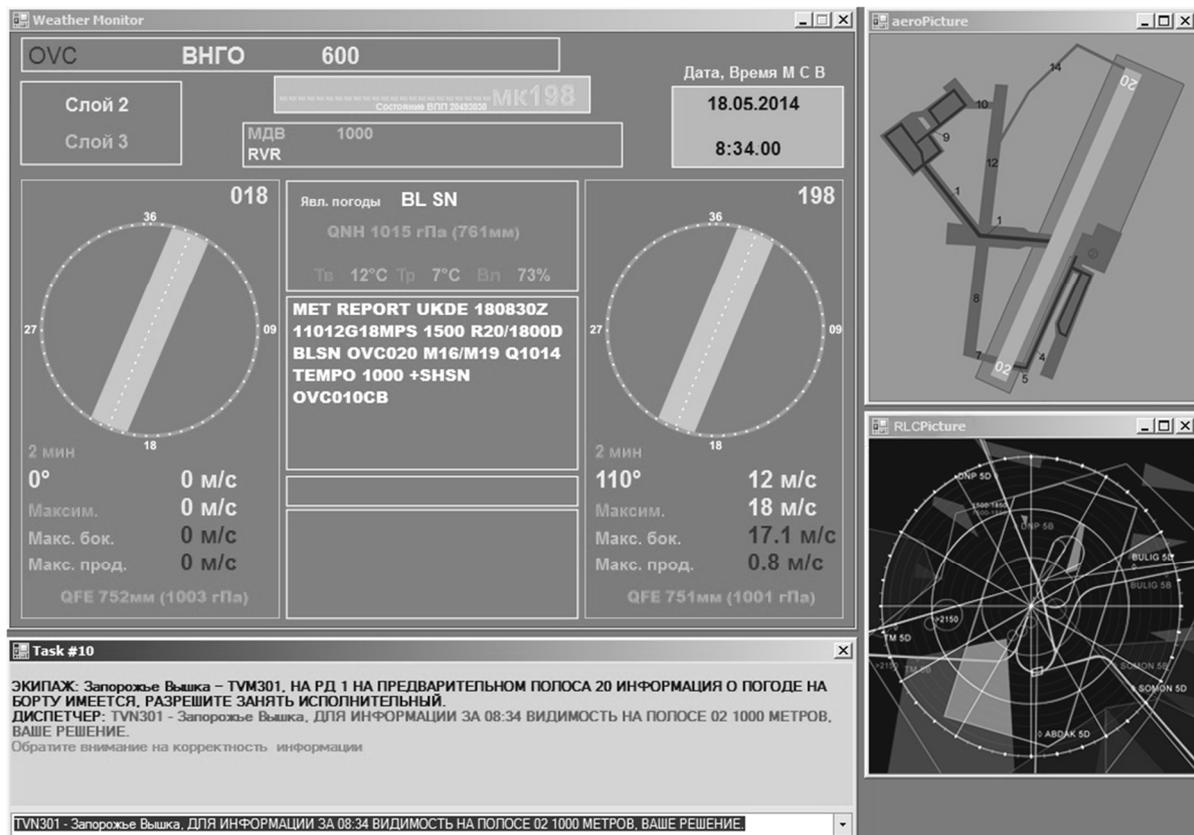


Рис. 2. Графический интерфейс прототипа интеллектуальной обучающей системы «Диспетчер Tower» в программной среде Microsoft Visual Studio

В прототип заложены шесть сценариев упражнений по процедурам управления воздушным движением при взлете. Они предусматривают три случая, при которых субъекту обучения необходимо выдать разрешение на взлет и три случая, при которых правильным решением будет возврат ВС на перрон.

Третий этап жизненного цикла. Тестирование прототипа

В тестировании прототипа ИОС «Диспетчер TWR» принимали участие 15 курсантов Кировоградской летной академии Национального авиационного университета. Им предлагалось выполнить одно из шести упражнений и заполнить анкету на предмет восприятия пользовательского интерфейса, оценки функциональности и сложности системы.

Анализ анкетных данных методом экспертных оценок позволил сделать следующие выводы:

- представленный графический интерфейс довольно реалистичный, удобный и читаемый (3,27 баллов из 4 возможных);
- полнота отображения информации, необходимой для принятия решения, достаточна (3,53 баллов);
- сложность упражнений невысокая (1,87 баллов);

– приобретение (посредством предложенной системы) нужных в профессиональной деятельности умений и навыков возможно (2,67 баллов).

При этом следует вести работы по совершенствованию прототипа в части:

- отображения движения ВС на мониторе радиолокатора и схеме летного поля;
- обеспечения голосового взаимодействия субъекта обучения с системой;
- автоматизации генерирования упражнений различной сложности для получения большего их разнообразия (в том числе для случаев посадки и взлета-посадки ВС);
- адаптации системы к потребностям и индивидуальным особенностям каждого субъекта обучения;
- оценивания знаний субъекта обучения.

Результаты, выводы и рекомендации

1. На основании изученных закономерностей для рабочего места диспетчера TWR впервые предложена клиент-серверная архитектура интеллектуальной обучающей системы «Диспетчер Tower», акцентирующая внимание авиадиспетчера на процессе принятия решений и учитывающая типичность ошибок, допускаемых диспетчером TWR на своем рабочем месте.

2. На базе Rand Model Designer и Microsoft Visual Studio впервые разработан и протестирован прототип ИОС «Диспетчер Tower», в котором реализованы режимы демонстрации, обучения и контроля.

3. В результате тестирования прототипа определены приоритетные направления дальнейшей разработки системы.

Литература

1. Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України, що сталися у 1 півріччі 2015 року // Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами. Сектор аналізу та попередження авіаційних подій. – Київ, 2015. – 31 с.

2. Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України, що сталися у 2014 році // Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами. Управління попередження авіаційних подій. – Київ, 2015. – 53 с.

3. Аналіз даних з безпеки польотів за результатами розслідування подій з цивільними повітряними суднами України, що сталися у 2013 році // Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами. Управління попередження авіаційних подій. – Київ, 2014. – 72 с.

4. Пилипенко О. Н. Модель процесса принятия решений как основная составляющая интеллектуальной обучающей системы / О. Н. Пилипенко // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – №4 (32). – С. 54-61.

5. Пилипенко О. Н. Разработка прототипа обучающей системы «Диспетчер Tower» / О. Н. Пилипенко // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів «Проблеми навігації і управління рухом». – Київ: НАУ, 2013. – С. 32.

6. Карасев В. А. Концептуальная модель интеллектуальной обучающей системы для пользователей лазерных технологических комплексов / В. А. Карасев, С. С. Маломуж, М. Ю. Стернин // Труды ИСА РАН. – Москва : ИСА РАН. – 2005. – Т. 12. – С. 131-146.

Дата надходження в редакцію: 10.08.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Ю. В. Кравченко