



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2019-126-8-149-156>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 681.396.36

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА, РАЗРАБОТАННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РАБОЧЕМ МЕСТЕ ДИСПЕТЧЕРА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

КАПЦЕВИЧ О.А.¹, РАБЧЕНОК Д.И.², ПОНОМАРЕВ К.Ю.³

¹ООО «ИнноТех Солюшнс», г. Минск, Республика Беларусь

²ОАО «ВОЛАТАВТО», г. Минск, Республика Беларусь

³РУП «Белаэронавигация», г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 6 декабря 2019

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2019

Аннотация. При помощи методики синтеза информационной модели на автоматизированном рабочем месте диспетчера управления воздушным движением синтезирован фрагмент пользовательского интерфейса на автоматизированном рабочем месте диспетчера радиолокационного контроля Минского районного диспетчерского центра, позволяющий имитировать этапы деятельности диспетчера в автоматизированной системе управления воздушным движением при современном уровне интенсивности воздушного движения. Проверка адекватности и эффективности синтезированного фрагмента пользовательского интерфейса проводилась непосредственно с участием экспертов и специалистов, имеющих опыт работы в системах подобного рода. Проведена оценка адекватности синтезированного фрагмента пользовательского интерфейса с использованием известного критерия согласия. Оценка эффективности синтезированного фрагмента пользовательского интерфейса обстановки на автоматизированном рабочем месте диспетчера проводилась в условиях высокой интенсивности воздушного движения, вынуждающих диспетчера радиолокационного контроля осуществлять управление в критическом режиме работы. Показано преимущество синтезированного фрагмента пользовательского интерфейса над существующим пользовательским интерфейсом по временному и точностному показателям. В целом синтезированный фрагмент пользовательского интерфейса превосходит существующий по эффективности на величину около 30 %. В синтезированном фрагменте пользовательского интерфейса отмечалась более стабильная деятельность испытуемых, а также их лучшая обучаемость по сравнению с существующим пользовательским интерфейсом. Разработанная схема эксперимента позволяет проводить исследования инженерно-психологических факторов в человеко-машинных системах специального назначения, в том числе производить анализ пользовательских интерфейсов на автоматизированных рабочих местах диспетчерского персонала в существующих автоматизированных системах управления воздушным движением с целью их оценки и дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: управление воздушным движением, автоматизированное рабочее место, эффективность действий диспетчера.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Капцевич О.А., Рабченко Д.И., Пономарев К.Ю. Экспериментальные исследования интерфейса, разработанного с использованием методики синтеза информационной модели на автоматизированном рабочем месте диспетчера управления воздушным движением. Доклады БГУИР. 2019; 7–8(126): 149-156.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INTERFACE DEVELOPED USING THE METHOD OF INFORMATION MODEL SYNTHESIS AT THE AUTOMATED WORKSTATION OF AIR TRAFFIC CONTROL MANAGER

OLEG A. KAPTSEVICH¹, DMITRY I. RABCHENOK², KIRILL Y. PONOMAREV³

¹LLC “InnoTe Solutions”, Minsk, Republic of Belarus

²OJSC “VOLETAVTO”, Minsk, Republic of Belarus

³RUE “Belaionavigation”, Minsk, Republic of Belarus

Submitted 6 December 2019

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2019

Abstract. Using the method of synthesis of the information model at the automated workstation of the air traffic control dispatcher, a fragment of the user interface at the automated workstation of the radar control dispatcher of the Minsk district control center was synthesized, which allows to simulate the stages of the dispatcher's activity in the automated air traffic control system at the modern level of air traffic intensity. The verification of the adequacy and effectiveness of the synthesized user interface fragment was carried out directly with the participation of experts and specialists with experience in such systems. The adequacy of the synthesized user interface fragment was evaluated using a known consent criterion. The evaluation of the efficiency of the synthesized fragment of the user interface of the environment at the dispatcher's automated workstation was carried out under conditions of high air traffic intensity, which force the radar control dispatcher to control in critical mode of operation. Shows the advantage of a synthesized user interface fragment over an existing user interface in terms of time and accuracy. In general, the synthesized user interface fragment exceeds the existing one by about thirty percent. The synthesized user interface fragment noted the more stable activities of the subjects, as well as their better learning capability compared to the existing user interface. The developed experiment scheme allows to carry out research of engineering and psychological factors in human-machine systems of special purpose, including analysis of user interfaces at automated workstations of dispatching personnel in existing automated systems of air traffic control for their assessment and further improvement.

Keywords: air traffic control, workstation, dispatcher performance.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Kaptsevich O.A., Rabchenok D.I., Ponomarev K.Y. Experimental studies of the interface developed using the method of information model synthesis at the automated workstation of air traffic control manager. BGUIR reports. Doklady BGUIR. 2019; 7–8(126): 149-156.

Введение

Согласно прогнозам ведущих авиаперевозчиков, к 2025 году в мировом масштабе ожидается увеличение интенсивности воздушного движения примерно в 2–3 раза [1, 2]. Увеличится и количество авиационных происшествий. По данным Международной организации гражданской авиации (ИКАО от англ. ICAO – International Civil Aviation Organization) каждые три из четырех авиационных происшествий происходят по причинам, обусловленным человеческим фактором [1, 2]. Ошибки, связанные с деятельностью человека в системе человек-машина, могут быть предопределены на этапе проектирования.

Автоматизированная система управления воздушным движением (АСУВД) содержит разнородные элементы, предназначенные для решения задач обработки значительных информационных потоков. Одним из таких элементов является автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера, в состав которого входит пользовательский интерфейс (ПИ).

В современных условиях все нарастающей интенсивности воздушного движения задача формирования на АРМ диспетчера управления воздушным движением ПИ, соответствующего функциям и возможностям диспетчера, а также обеспечивающего оптимальный

информационный баланс представляемой ему информации, является достаточно сложной. Основной причиной тому служат трудоемкие экспериментальные исследования деятельности диспетчера, связанные с многовариантностью его действий в различных условиях обстановки. Для оценки параметров проектируемого ПИ необходимо создание функциональных динамических прототипов и их последующее апробирование экспертами и специалистами предметной области исследований. Данный процесс носит итерационный характер и требует значительных затрат различного характера.

Методика проведения эксперимента

В рамках повышения эффективности деятельности диспетчеров на АРМ Минского районного диспетчерского центра (МРДЦ) при выполнении функций по руководству потоками воздушных судов (ВС) авторами усовершенствован ПИ диспетчера радиолокационного управления. Была использована разработанная авторами методика структурно-параметрического синтеза информационной модели обстановки на АРМ диспетчера в АСУВД. По разработанной методике был синтезирован фрагмент ПИ на АРМ диспетчера радиолокационного управления МРДЦ (рис. 1).

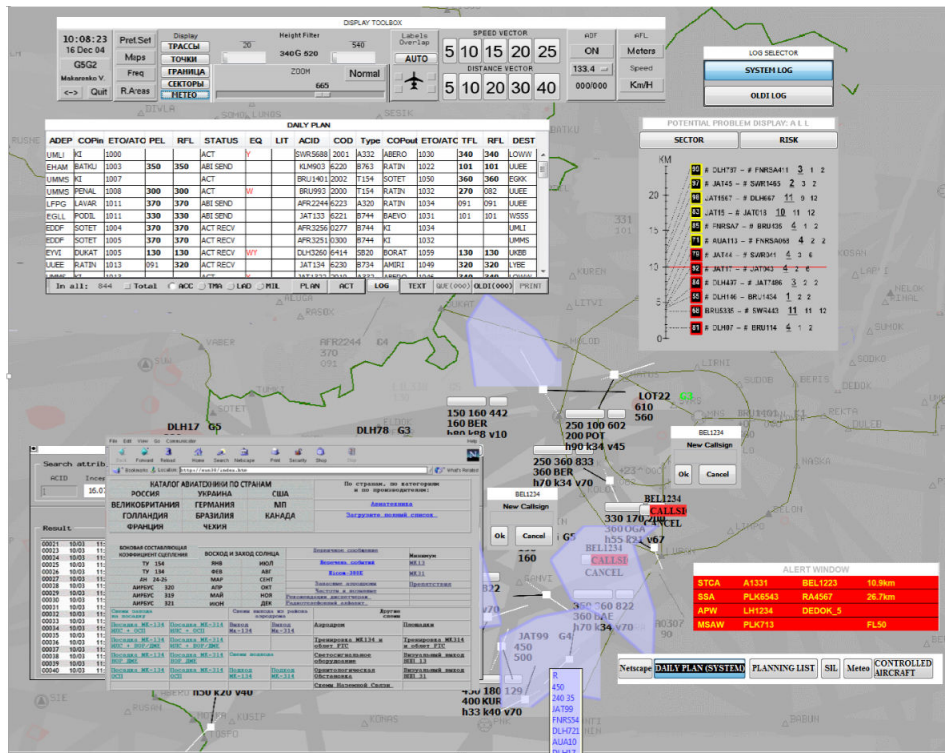


Рис. 1. Фрагмент ПИ на АРМ диспетчера радиолокационного управления МРДЦ
Fig. 1. Fragment of UI on AW of radar control dispatcher of MDDC

Фрагмент ПИ рассматриваемой АСУВД позволил имитировать деятельность диспетчера в различных условиях интенсивности воздушного движения. Для оценки адекватности и эффективности синтезированного фрагмента проводилось полунатурное моделирование деятельности диспетчера. Моделируемый процесс в общем виде представлял собой автоматизацию деятельности диспетчера при выполнении им должностных функций на АРМ МРДЦ. В результате моделирования определялись временные и точностные характеристики выполнения действий диспетчером в процессе управления ВС. Содержательно моделируемый процесс представлял собой следующее. Диспетчер радиолокационного контроля МРДЦ осуществлял обслуживание воздушного движения (ОВД) в секторе ответственности «Запад». Управленческие решения принимались в соответствии с принципом гарантированного результата (критерием Вальда). Количество одновременно обслуживаемых ВС составляло 5 и 15 ВС, для низкого и высокого уровней интенсивности воздушного движения соответственно [2].

В ходе проведения эксперимента каждому испытуемому выдавались команды на выполнение определенного действия. Испытуемый находил необходимую информацию на экране, принимал решение, производил поиск необходимого органа управления и воздействовал на него. За счет варьирования аргументов действий и действий между собой (путем применения унифицированного тестового материала), были исследованы различные варианты обработки информации диспетчером. Адекватность функционирования синтезированного фрагмента ПИ и существующего ПИ на предмет согласованной пространственно-временной работы программных блоков контролировалась визуально.

Для участия в эксперименте были отобраны эксперты и специалисты из предметно-ориентированной группы испытуемых в количестве 8 человек [2]. Испытуемые на момент проведения эксперимента находились в фазе устойчивой работоспособности. Испытания выполнялись в комфортных условиях обитания при средней шумовой нагрузке на анализаторы испытуемых. Обстановка на рабочем месте была стереотипной, мышление носило алгоритмический характер, рабочие действия осуществлялись преимущественно в определенном порядке. Темповая информационная загруженность испытуемых была подобрана таким образом, чтобы поддержать нормальный режим деятельности последних на протяжении всего эксперимента, в том числе за счет предоставления отдыха между подходами.

Были обеспечены однородность получаемой выборки и необходимые условия проведения моделирования. Количество экспериментов по каждому действию составило 24, общее количество экспериментов – 408. Указанное количество экспериментов позволило провести оценку параметров деятельности с доверительной вероятностью, равной 0,95, и относительной погрешностью 10 % [3]. Результаты эксперимента в виде значений времени выполнения действий и общего количества допущенных при этом ошибок фиксировались на бумажном носителе информации.

Результаты и их обсуждение

В результате анализа результатов эксперимента было отмечено следующее.

Элемент «запрос-ответ» обеспечивал наибольшую безошибочность деятельности, низкую нагрузку на память испытуемых, что говорит о целесообразности выбора данного элемента при формировании ПИ. Однако избыточность использования элемента приводила к снижению скорости деятельности.

Элемент «меню» обеспечивал высокую скорость деятельности, но наличие в поле зрения всех альтернатив зачастую приводило к нарушению плана решения и значительному количеству смысловых ошибок. Тем не менее данный элемент высокоэффективно использовался испытуемыми.

Элемент «ввод по шаблону» был связан с наибольшим количеством ошибок, главным образом «забывания» и перекодирования. Несмотря на хорошие временные показатели, данный элемент оказался наименее удобен для испытуемых.

«Команда с подсказкой» – элемент, получивший неоднозначную оценку. Наибольшая успешность его использования достигалась при вызове подсказки только в случае необходимости. Успешная работа с данным элементом отражала такую черту испытуемых, как склонность к гибкости мышления и самостоятельности ведения диалога.

Выбор предпочтительного элемента диалога зависел от используемого критерия выбора и индивидуальных склонностей испытуемых. В связи с этим целесообразно обеспечить последних возможностью выбора варианта диалога. При ограниченных возможностях проектирования рекомендуется следующий порядок: «меню», «запрос-ответ», «команда с подсказкой», «ввод по шаблону».

Разработанная схема эксперимента оказалась пригодной для исследований инженерно-психологических факторов диалога в человеко-машинных системах специального назначения.

Замечания и рекомендации испытуемых представлены в табл. 1 и могут быть использованы при выполнении итеративных действий разработчика ПИ, направленных на совершенствование последнего.

Таблица 1. Замечания и рекомендации экспертов и специалистов
Table 1. Comments and recommendations of experts and specialists

Испытуемый Examinee	Замечания и рекомендации Comments and recommendations
Эксперт 1	В окне конфликтных ситуаций необходимо произвести группировку ситуаций по оставшемуся до встречи времени. Необходимо исключить информацию о потенциальных рисках в окне потенциально конфликтных ситуаций
Эксперт 2	Команды, вводимые с клавиатуры, необходимо представить в формализованном виде и обеспечить их всплывающими подсказками
Специалист 1	Необходимо повысить разрешающую способность СОИ и контрастность отображения информации
Специалист 2	Отсутствует возможность оперативного измерения расстояний на карте. В окне конфликтов необходимо отображать контекстные меню
Специалист 3	Расширенный формуляр необходимо отображать в момент нахождения курсора графического указателя в центре основного формуляра ВС
Специалист 4	В таблице команд и донесений отсутствует возможность получать дополнительную информацию по ВС
Специалист 5	Отсутствуют
Специалист 6	Активацию элемента интерфейса необходимо сопровождать выделением его на общем фоне цветом или градацией яркости

В рамках проверки адекватности синтезированного фрагмента ПИ оценивалась близость теоретических результатов и полученных благодаря им практических реализаций к существующим оценкам образцов АСУВД, в частности по средним значениям откликов и дисперсиям отклонений откликов от средних значений. Оценка проводилась с помощью известного и хорошо себя зарекомендовавшего в данной предметной области критерия согласия χ^2 . Статистический материал по результатам эксперимента имеет достаточно большой объем и в статье не приводится.

Для обработки совокупности полученной информации был использован пакет анализа статистических данных из программного приложения Microsoft Office Excel 2010. На рис. 2 приведены гистограммы частот попадания времени выполнения действий в указанные интервалы значений для существующего ПИ и синтезированного фрагмента ПИ.

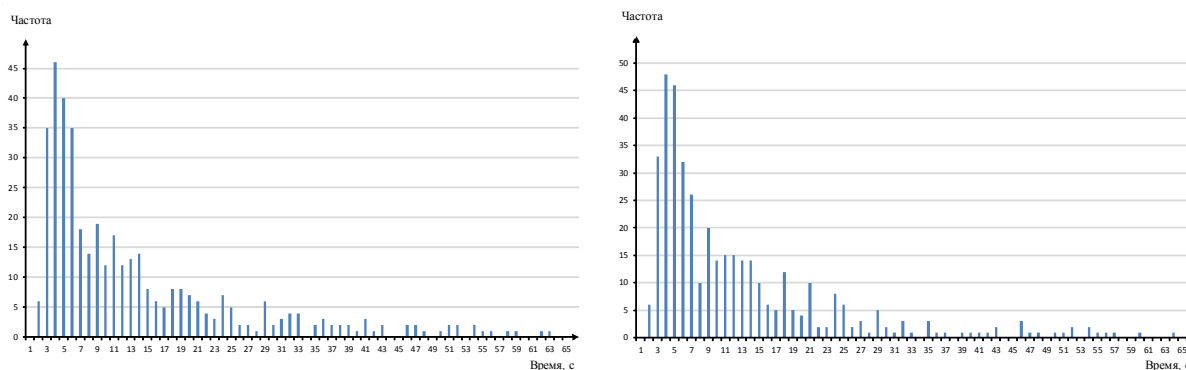


Рис. 2. Частоты попадания данных в интервалы временных значений для существующего ПИ (слева) и синтезированного фрагмента ПИ (справа)

Fig. 2. Frequency of data entering time intervals for existing UI (left) and synthesized UI fragment (right)

Гистограммы обоих ПИ, описывающие плотность распределения вероятности времени выполнения действий, свидетельствуют о подобии законов распределения времени выполнения действий в синтезированном фрагменте ПИ и существующем ПИ, что также подтвердилось при помощи критерия χ^2 . Наличие положительной асимметрии свидетельствует о подобии законов распределения гамма-распределению как наиболее характерному для действий человека-оператора в эргатических системах. Количество ошибок, допущенных испытуемыми в обоих ПИ отличалось менее чем на 10 % (19 в синтезированном фрагменте ПИ и 21 в существующем ПИ).

Оценка эффективности синтезированного фрагмента ПИ обстановки на АРМ диспетчера в АСУВД производилась в условиях, характеризующих современную интенсивность воздушного движения в секторе ответственности МРДЦ. Анализ сравнительных характеристик синтезированного фрагмента ПИ и существующего ПИ (табл. 2) указывает на преимущество синтезированного фрагмента по временному показателю приблизительно на 16 %, а по точностному – приблизительно на 49 %. Значения для СКО выборок свидетельствуют о более стабильной деятельности в синтезированном фрагменте ПИ, а также косвенно о лучшей обучаемости испытуемых в последнем.

Таблица 2. Сравнительные характеристики синтезированного фрагмента ПИ и существующего ПИ
Table 2. Comparative characteristics of the synthesized UI fragment and the existing UI

Статистическая величина Statistical size	Значение для синтезированного фрагмента ПИ Value for synthesized of UI ragment	Значение для существующего ПИ Value for existing UI
Математическое ожидание	9,4	11,2
Среднеквадратическое отклонение	10,6	11,6
Количество элементов выборки	408	408
Количество допущенных ошибок	35	69

Оценка комплексной (по времени реакции и точности действий) эффективности синтезированного фрагмента ПИ проводилась при помощи многофакторного показателя качества [2, 4]. При $K_i = K_j = 1$ он имеет вид

$$\eta^* = K_{\text{точн}} \cdot \frac{X_1^{\text{сущ}} - X_1^{\text{синт}}}{X_1^{\text{сущ}}} + K_{\text{врем}} \cdot \frac{(M_1^{\text{сущ}} + 3\sigma_1^{\text{сущ}}) - (M_1^{\text{синт}} + 3\sigma_1^{\text{синт}})}{(M_1^{\text{сущ}} + 3\sigma_1^{\text{сущ}})}, \quad (1)$$

где $X_1^{\text{сущ}}$ и $X_1^{\text{синт}}$ – количество ошибок, допущенных диспетчером в существующем ПИ и синтезированном фрагменте ПИ соответственно; $M_1^{\text{сущ}}$, $M_1^{\text{синт}}$, $\sigma_1^{\text{сущ}}$ и $\sigma_1^{\text{синт}}$ – математическое ожидание и СКО времени реакции диспетчера в существующем ПИ и синтезированном фрагменте ПИ соответственно.

Исходя из целевой установки испытуемым, рекомендующей обрабатывать информацию по возможности одновременно с высокой скоростью и точностью, значения коэффициентов $K_{\text{точн}}$ и $K_{\text{врем}}$ были выбраны 0,5 и 0,5 соответственно. Путем подстановки значений из табл. 2 в выражения для частных точностных и временных показателей эффективности [2] существующего ПИ и синтезированного фрагмента ПИ было получено:

$$\eta_{\text{точн.сущ}} = \frac{\sum_{i=1}^{k_1^{\text{сущ}}} X_i^{\text{сущ}} \cdot K_i^{\text{сущ}}}{k_1^{\text{сущ}}} = \frac{69 \cdot 1}{1} = 69, \quad \eta_{\text{точн.синт}} = \frac{\sum_{i=1}^{k_1^{\text{синт}}} X_i^{\text{синт}} \cdot K_i^{\text{синт}}}{k_1^{\text{синт}}} = \frac{35 \cdot 1}{1} = 35,$$

$$\eta_{\text{врем.сущ}} = \frac{\sum_{j=1}^{k_2^{\text{сущ}}} [M_j^{\text{сущ}} + 3\sigma_j^{\text{сущ}}] K_j^{\text{сущ}}}{k_2^{\text{сущ}}} = \frac{(11,2 + 3 \cdot 11,61) \cdot 1}{1} = 46,03,$$

$$\eta_{\text{врем.синт}} = \frac{\sum_{j=1}^{k_2^{\text{синт}}} [M_j^{\text{синт}} + 3\sigma_j^{\text{синт}}] K_j^{\text{синт}}}{k_2^{\text{синт}}} = 41,29.$$

После подстановки соответствующих значений в (1) $\eta^* = 0,297$.

Соответственно, синтезированный фрагмент ПИ обстановки превосходит по эффективности существующий на величину около 30 %. Для оценки векторной формы показателей эффективности были рассчитаны длины соответствующих векторов:

$$|\overline{\eta_{\text{сущ}}^*}| = \sqrt{\eta_{\text{точн.сущ}}^2 + \eta_{\text{врем.сущ}}^2} = 82,94, \quad |\overline{\eta_{\text{синт}}^*}| = \sqrt{\eta_{\text{точн.синт}}^2 + \eta_{\text{врем.синт}}^2} = 54,12. \quad \text{Проекция вектора } |\overline{\eta_{\text{синт}}^*}|$$

на вектор $\begin{bmatrix} \eta_{\text{суц}}^* \\ \eta_{\text{синт}}^* \end{bmatrix}$ составила $\text{Pr}_{\eta_{\text{суц}}^* \eta_{\text{синт}}^*} = \frac{(\eta_{\text{синт}}^*, \eta_{\text{суц}}^*)}{\begin{bmatrix} \eta_{\text{суц}}^* \\ \eta_{\text{синт}}^* \end{bmatrix}} = \frac{\eta_{\text{врем.синт}} \cdot \eta_{\text{врем.суц}} + \eta_{\text{точн.суц}} \cdot \eta_{\text{точн.синт}}}{\sqrt{\eta_{\text{врем.синт}}^2 + \eta_{\text{точн.синт}}^2}} = 52,03$.

Векторная форма показателей эффективности для обоих ПИ представлена на рис. 3.

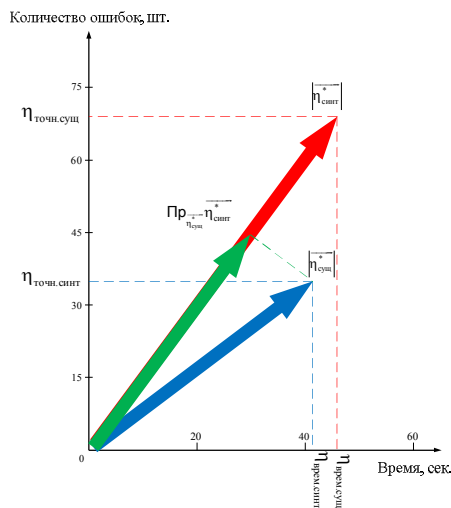


Рис. 3. Сравнение эффективностей существующего ПИ и синтезированного фрагмента ПИ
Fig. 3. Comparison of the effectiveness of the existing UI and the synthesized UI fragment

Заключение

Адекватность синтезированного фрагмента ПИ подтвердилась с уровнем статистической значимости 0,05. Оценка эффективности синтезированного фрагмента ПИ, проведенная методом полунатурного моделирования в условиях, сопровождающих современный уровень интенсивности воздушного движения и вынуждающих диспетчера осуществлять управление в критическом режиме, указала на преимущество синтезированного фрагмента ПИ обстановки на АРМ диспетчера в АСУВД над существующим ПИ. Анализ векторной формы показателей подтвердил значительный выигрыш по точности.

Использование методики структурно-параметрического синтеза информационной модели обстановки на АРМ диспетчера в АСУВД позволило снизить объем экспериментальных исследований при проектировании ПИ за счет предварительной оценки параметров формируемого ПИ на основании априорных данных.

Список литературы

1. Капцевич О.А., Дубовский А.В., Рабченко Д.И. Временная составляющая аналитической модели действий диспетчера управления воздушным движением. *Доклады БГУИР*. 2019;5:79-85.
2. Капцевич О.А., Рабченко Д.И. Оценка эффективности деятельности диспетчера в автоматизированной системе управления воздушным движением. *Сборник Военной академии Республики Беларусь*. 2018;35:92-102.
3. Косачев И.М., Касперович М.М. Методики расчета интервальных оценок коэффициента корреляции Пирсона зависимых случайных величин. *Вестник Военной академии Республики Беларусь*. 2015;3:147-184.
4. Рабченко Д.И. Методика синтеза информационной модели боевой обстановки. *Информатика*. 2017;1:78-91.

References

1. Kaptsevich O.A., Dubovsky A.V., Rabchenok D.I. [Temporary component of the analytical action model of the air traffic control manager]. *Doklady BGUIR=Doklady BGUIR*. 2019;5:79-85. (In Russ.)
2. Kaptsevich O.A., Rabchenok D.I. [Evaluation of the effectiveness of the dispatcher in the automated air traffic control system]. *Sbornik Voennoj akademii Respubliki Belarus=Collection of the Military Academy of the Republic of Belarus*. 2018;35:92-102. (In Russ.)

3. Kosachev I.M., Kasperovich M.M. [Methods of calculating interval estimates of Pearson correlation coefficient of dependent random values]. *Vestnik Voennoj akademii Respubliki Belarus=Bulletin of the Military Academy of the Republic of Belarus*. 2015;3:147-184. (In Russ.)
4. Rabchenok D.I. [Method of synthesis of information model of combat situation]. *Informatika=Informatics*. 2017;1:78-91. (In Russ.)

Вклад авторов

Капцевич О.А. разработал схему проведения эксперимента, провел анализ результатов, участвовал в разработке методики структурно-параметрического синтеза информационной модели обстановки на автоматизированном рабочем месте диспетчера.

Рабченко Д.И. разработал методику структурно-параметрического синтеза информационной модели обстановки на автоматизированном рабочем месте диспетчера в автоматизированной системе управления воздушным движением, проводил экспериментальные исследования, обобщал статистический материал.

Пономарев К.Ю. провел анализ технологии работы диспетчера радиолокационного контроля, определил наиболее значимые для эксперимента алгоритмы действий, участвовал в эксперименте в качестве испытуемого.

Authors contribution

Kaptsevich O.A. developed a scheme for the experiment, conducted an analysis of the results; participated in the development of the method of structural and parametric synthesis of the information model of the environment at the automated workstation of the dispatcher.

Rabchenok D.I. developed the methodology of structural and parametric synthesis of the information model of the situation at the automated workstation of the dispatcher in the automated air traffic control system; conducted experimental studies, summarized statistical material.

Ponomarev K.Y. analyzed the technology of operation of the radar control manager, determined the most important algorithms of actions for the experiment; participated in the experiment as a test subject.

Сведения об авторах

Капцевич О.А., к.т.н., заместитель директора по научной работе ООО «ИнноТех Солюшнс».

Рабченко Д.И., ведущий инженер ОАО «ВОЛАТАВТО».

Пономарев К.Ю., диспетчер по управлению воздушным движением первого класса РУП «Белаэронавигация».

Information about the authors

Kaptsevich O.A., PhD, Deputy Director for Scientific Work LLC “InnTom Solutions”.

Rabchenok D.I. Lead Engineer OJSC “VOLITAVTO”.

Ponomarev K.J. First Class Air Traffic Control Manager RUE “Belaironavigation”.

Адрес для корреспонденции

220057, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Кульман, 2-1, помещение 1-143,
тел. +375-173-16-14-38,
тел. +375-29-399-46-62;
e-mail: dimedrolus1798@tut.by
Рабченко Дмитрий Иванович

Address for correspondence

220057, Republic of Belarus,
Minsk, Kulman st., 2-1, room 1-143,
tel. +375-17-316-14-38,
tel. +375-29-399-46-62;
e-mail: dimedrolus1798@tut.by
Rabchenok Dmitry Ivanovich