

УДК 65.012.123

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-3-16-24

К ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПРИ РАЗВИТИИ ВИЗУАЛЬНО-КОГНИТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Г.А. КРЫЖАНОВСКИЙ¹, К.Ю. ПОНОМАРЕВ^{1,2}, М.В. ТИМОШКО²

¹Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,
г. Санкт-Петербург, Россия

²Государственное предприятие «Белаэронавигация», г. Минск, Беларусь

Статья обращена к развитию визуально-когнитивной составляющей взаимодействия специалиста по обслуживанию воздушного движения с цветографическим интерфейсом информационной среды средств наблюдения за динамической воздушной обстановкой типовой автоматизированной системы управления воздушным движением. Из практики наблюдения за взаимодействием диспетчеров по управлению воздушным движением районно-диспетчерского центра с информационной средой интерфейса средств наблюдения за динамической воздушной обстановкой выявлены существующие недостатки, преодоление которых способствует достижению наиболее рационального состояния функционирования системы управления воздушным движением. Особенно важным является устранение подобных недостатков в периоды повышенной рабочей нагрузки, в частности, в ситуациях исключительной срочности: при возникновении краткосрочных конфликтных ситуаций (когда времени до нарушения установленных минимальных значений эшелонирования остается меньше чем 80–120 секунд), в сложных метеорологических условиях, возникновении непредвиденных или чрезвычайных ситуаций в полете и др. Рассмотрен способ оптимизации процесса непосредственного управления воздушным движением в автоматизированной системе применением доступных в настоящее время визуально-когнитивных инструментов взаимодействия пользователя с цветографическим интерфейсом информационной среды. В определенном смысле можно говорить о разработке когнитивной системы поддержки принятия рациональных решений по выявлению потенциально конфликтных ситуаций и парирования подобных ситуаций невыявленного типа. Разработка средств поддержки принятия решений рациональной направленности требует анализа деятельности лица, принимающего решения, с учетом его личностного фактора, при котором целесообразна совместная экспликация личностного фактора с информационным обеспечением. В связи с чем, выделяется направление разработки информационного обеспечения с применением цветографического сопровождения меток и формуляров воздушных судов, когда происходит сокращение представления информации до минимально необходимой и достаточной для принятия решения на рациональной основе. Представлены результаты применения разработанных визуально-когнитивных решений в испытательной группе из числа диспетчерского состава производственных коллективов районно-диспетчерского центра предприятия по аэронавигационному обслуживанию воздушного движения.

Ключевые слова: управление воздушным движением, интерфейс информационной среды, поддержка принятия решения, цветографическое решение.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость развития компонентов процесса непосредственного управления воздушным движением (УВД) в автоматизированных системах вызвана поддержанием показателей их эффективного функционирования в условиях неугасающей потребности в использовании воздушного пространства при ограничениях по объему и качеству производства аэронавигационных услуг, а также многообразия оперативных ситуаций в полете, требующих максимального использования комплекса имеющихся ресурсов. Также немаловажным является и получение гарантий по обеспечению должного уровня безопасности полетов в периоды отклонения состояния системы организации воздушного движения от планируемого или функционирования с предельно допустимыми показателями.

Такие условия определяют параметры информационной среды, представляющей сведения для лица, принимающего решения (ЛПР) – диспетчера УВД, возможности которого, в свою очередь, обусловлены имеющимися средствами технико-методологического инструментария.

Аудиовизуальные средства автоматизированной системы управления воздушным движением (АС УВД) являются основным инструментом подготовки и реализации решений по обеспечению установленного уровня безопасного воздушного движения. При этом следует учитывать субъективный характер когнитивных составляющих функционирования каждого Специалиста, обуславливающий реализацию профессиональных компетенций к исполнению своих функций в многофакторной динамической среде.

Под когнитивными составляющими функционирования подразумеваются компоненты системы познавательной деятельности индивидуума [1] в процессе интеллектуального труда, каким является ОВД. Другими словами, в рамках интеллектуального тренда М. Мерло-Понти: «...именно сам организм – в соответствии с собственной природой своих рецепторов, порогами восприятия своих нервных центров и движениями органов – отбирает те стимулы в физическом мире, к которым он будет чувствителен».

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время приобретают актуальность вопросы оперативного анализа большого объема динамически изменяющихся параметров всего комплекса исследуемых объектов [2]. Поэтому этапу совершенствования когнитивных составляющих процесса принятия решения при обслуживании воздушного движения в АС УВД уделяется достаточно внимания как их разработчиками, так и специалистами авиационных предприятий.

Так, к примеру, практика наблюдения за взаимодействием диспетчера районно-диспетчерского центра с информационной средой интерфейса средств наблюдения за ДВО (далее – Информационная среда) в типовой АС УВД выявляет в интерфейсе следующее:

- наличие нагромождения формуляров ВС в часы высокой интенсивности воздушного движения, что сопровождается наложением цифр и букв, затрудняющим быстрое действие и корректность восприятия ДВО. В связи с чем появляется необходимость постоянного перемещения формуляров с целью организации их удобного визуального расположения;

- наличие нагромождения визуальной информации о деятельности государственных ведомств, осуществляющих использование воздушного пространства, что влечет нарушение качества восприятия ДВО;

- наличие не выявленных (не обнаруженных) диспетчером потенциально-конфликтных (ПКС) и конфликтных ситуаций (КС), в связи с наложением визуальной реализации одних функций на другие. Например, при изменении высоты полета воздушного судна, затрагивающего интересы смежных секторов (функционирующих на соседних высотах). А также наличием первого замечания;

- наличие не выявленных (не обнаруженных) диспетчером ПКС и КС в связи с нерациональным использованием возможностей визуальной информационной среды в современных условиях компьютеризации автоматизированных процессов и визуально-когнитивных методов овладения ситуативной осведомленностью;

- наличие неудобств, связанных с определением продольных интервалов с использованием одновременно нескольких векторов экстраполяции при потенциальном конфликте ВС попутного направления;

- избегание (либо же невозможность) использования дисплея среднесрочных потенциальных конфликтов в условиях высокой загруженности в связи с дефицитом времени на функциональные операции (особенно при наличии большого количества отметок о ПКС), а также в связи с энергоемкой операцией поиска конфликтующих воздушных судов в условиях, описанных первым замечанием;

- наличие весьма ограниченного функционала поддержки принятия оптимальных решений по устранению КС;

– некорректное применение иерархии плоскостей (перспективы) цветового пространства в функции выделения ВС одним цветом (желтым) при необходимости изменения высоты полета более чем на один эшелон. Что в условиях высокой интенсивности вызывает трудности восприятия ДВО.

Вышепредставленный перечень замечаний далеко не полон, однако в некоторой мере отражает причины поднимаемого в статье вопроса.

Использование принципов информационного дизайна, в частности инфографики [3], и сопутствующих средств в последние десятилетия во многих отраслях способствует повышению эффективности взаимодействия специалистов (пользователей) с информационной средой производственных и иных систем, обеспечивая поддержку формирования иерархии восприятия по различным аспектам: актуальности, свойствам и характеру явлений, их применимости и другим, – и, как следствие, фокусированию имеющихся сил, внимания и мотивации специалиста (пользователя) на объекте управления с наиболее благоприятным исходом.

Так, в широком смысле стоит задача исследования целесообразности использования подобных принципов информационного дизайна в современном интерфейсе АС УВД. А именно конкретных цветографических решений, согласующихся с естественной визуальной составляющей познавательной деятельности, с целью повышения эффективности процесса принятия решений (ППР) по определению и возможному разрешению КС при ОВД, в частности в условиях повышенной рабочей нагрузки (высокая интенсивность, отклонения от запланированного потока по метеорологическим причинам, чрезвычайным или аварийным ситуациям и т. п.), а также парирования неясных и обнаружения невыявленных диспетчером конфликтных ситуаций.

Целесообразность следует рассматривать прежде всего с точки зрения отклика параметров функционирования диспетчера в качестве ЛПП на вводимые изменения [4], или, другими словами, оптимизации достижения целей УВД при исполнении своих должностных обязанностей. Критериями оптимальности в данном случае послужат сокращение времени запаздывания τ_k и повышение правильности принимаемых решений при минимальных показателях психофизиологической нагрузки. Стоит отметить, что данные по этим критериям в конкретных условиях и закладывают основы для расчета нормативов пропускной способности определенных зон и секторов обслуживания воздушного движения [5]. Что, в свою очередь, во многом определяет воздушный поток.

Данная же статья рассматривает цветографическое решение, разработанное применительно к Информационной среде в целях создания необходимого когнитивно-методологического инструмента поддержки принятия оптимальных решений по выявлению КС и парирования невыявленных КС/ПКС, при котором отображению стандартных установленных эшелонов следования ВС вмещается определенное графическое и цветохроматическое сопровождение в конкретных условиях в заведомо известных целях [6].

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА УВД НА МАРШРУТЕ

Специфика деятельности ЛПП на маршруте (прерогатива районно-диспетчерского центра) имеет негласное аллегоричное правило, надежность которого проверена поколениями диспетчеров УВД: «один самолет – один эшелон». Данное правило-аллегория закладывает принцип расстановки приоритетов в методах создания установленных интервалов при УВД в районно-диспетчерском центре прежде всего для обеспечения надлежащего уровня безопасности полетов при высокой загруженности диспетчера (или же сложности ДВО). Что связано с формирующимся временным дефицитом и необходимостью рационального распределения усилий ΣW_E^k по выполнению надлежащих функциональных операций, в т. ч. и возможностью обладать наивысшей конгруэнтностью в ситуативной осведомленности, а также тенденцией к ее изменению со временем [7].

Поэтому успешный ЛПР следует принципу: $\tau_k, \Sigma W_E^k \rightarrow \min$.

Помимо прочего, необходимость в изменении эшелона также возникает при запросе со стороны экипажа ВС снижения/набора по широкому спектру обстоятельств в полете. Причем, подобный запрос вполне может иметь характер исключительной срочности при чрезвычайно высоком временном дефиците и психологической напряженности.

Так, при решении задачи изменения эшелона полета Специалист анализирует информационную среду на наличие следующих возможных ПКС:

- метки встречных и попутных ВС на пересекаемых эшелонах;
- метки встречных и попутных ВС на занимаемом эшелоне.

Возьмем типовую ситуацию (Задача 1), соответствующую работе секторов РДЦ. При запросе ВС, находящегося на 360 эшелоне, снижения до 340 диспетчеру необходимо проанализировать краткосрочные конфликты на 350 эшелоне при горизонтальном интервале 30 км¹ и краткосрочные, среднесрочные на 340-м при интервале 10 км (а также при возможности и долгосрочные). При запросе же 320 (Задача 2) соответственно увеличивается количество эшелонов для анализа: 350, 330 с интервалом 30 км, 340 – 10 км на краткосрочные и 320 на краткосрочные, среднесрочные и по возможности долгосрочные.

Причем в оформлении визуальной информационной среды существуют некоторые особенности (Задача 3). Метки ВС смежных секторов при вертикальном делении воздушного пространства исполнены темно-серым цветом и практически сливаются с серым фоном, что формирует дефицит восприятия и потенциальное образование невыявленных диспетчером конфликтных ситуаций. Так, при необходимости снижения/набора ВС на эшелон другой зоны ответственности велика вероятность пропуска конфликтующих ВС. Поэтому его пересечение/занятие помимо собственного анализа ДВО смежной зоны ответственности, как правило, сопровождается дополнительными согласованиями Специалистов смежных секторов возможности изменения высоты – анализа ДВО на кратко-, средне- и долгосрочные конфликты. При том данный пример является частным случаем принципиальной цветографической организации интерфейса.

Имеющиеся средства АС УВД предлагают к использованию цветовое выделение вовлеченных ВС одним цветом (однотонного цветового обозначения всех ВС от эшелона 360 до 320 – задача 2). Это сопровождается формированием в восприятии новой ДВО, притом не всегда в удачной когнитивной схеме. Имеющаяся функция PPD (potential problem display), практически неприемлема ввиду острого дефицита времени и переизбытка информации.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Группе диспетчеров (со стажем ОВД не менее 5 лет, 1, 2-го класса) предлагалось решить схожие задачи 1 и 2 для типовых ситуаций ДВО различной плотности ВД (8, 12, 16 ВС) на не динамической имитационной модели средств наблюдения АС УВД при использовании цветографического решения – далее Решение (рис. 1, 2, 3 – пометка II) – и в его отсутствие (рис. 1, 2, 3 – пометка I). Также исследовалась задача анализа ДВО на наличие ПКС (задача 0) в динамической модели (рис. 1, 4), в которой метки двигались из точки А в В, из С в D.

Перед началом испытаний группа была ознакомлена с целью исследования и принципами использования Решения. Практика применения Решения у группы отсутствовала. Предварительно давалась возможность недолго ознакомиться с ситуацией. Затем предлагалось оценить воздушную обстановку на наличие ПКС (в среднем 3,3 ПКС на ситуацию) и зафиксировать их количество и время.

¹ AIP Republic of Belarus. ENR 1.6-1.1.2. The application of ATS surveillance service. 2017. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ban.by/images/files/eAIP/12-2017/ENR/UM_ENR_1_6_en.pdf

В задаче 0 предполагалось отсутствие изменения высоты полета ВС. В последующих заданиях имитировалось, что некоторое ВС запрашивает снижение (задача 1, 2), задание теста зафиксировать количество и время оставалось прежним.

В сравнении с эталонным количеством ПКС оценивалась правильность анализа в штрафных баллах. Пропуск одной ПКС расценивался как 1 штрафной балл, сверхколичество – как 0,25 балла за 1 сверх ПКС.

Идентичность сложности тестов обеспечивалась зеркальным отражением воздушной обстановки и изменением цифр обозначения меток и их высотного положения, что, по мнению эксперт-группы, устраняло узнаваемость и запоминание ситуаций.

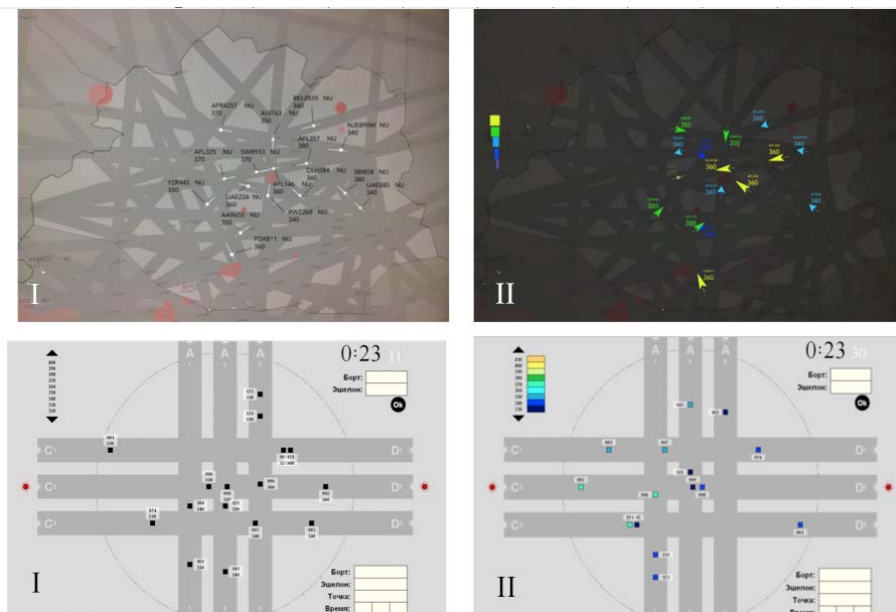


Рис. 1. Имитационные модели информационной среды средств наблюдения АС УВД – сверху нединамические, внизу – динамические

Fig. 1. Imitative models of information environment in ATC automated system – upper one is non-dynamic, lower – dynamic.

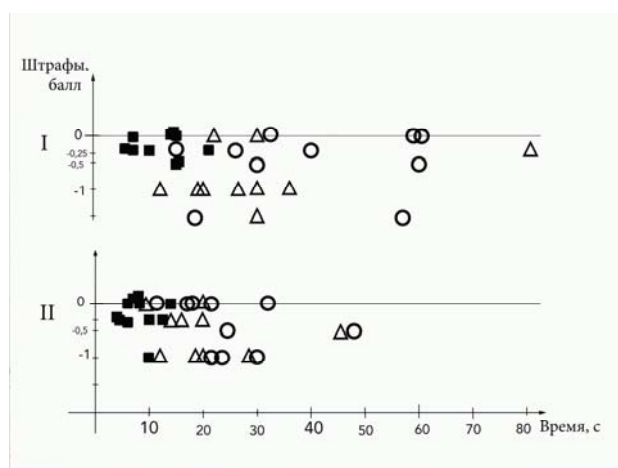


Рис. 2. График время/штрафы, задача 0, нединамическая модель (квадрат – при 8 ВС, треугольник – при 12 ВС, круг – при 16 ВС)

Fig. 2. Time/error diagram, task 0, non-dynamic model (square per 8 aircrafts, triangle per 12, circle per 16)

Представление данных нединамической (рис. 2, 3) и динамической модели (рис. 4) принципиально одинаковы. Однако график нединамического варианта отображает в плоскости

«штрафы/время решения задач» персональные данные каждого участника при различном количестве ВС – 8, 12, 16. Тогда как график динамического варианта представляет коллективные данные исследования решения задачи 0 при одновременном количестве меток ВС равном 15 по восьми отдельным ПКС (рис. 4), несколько из которых возникают в разное время. Здесь «время решения задачи» – это среднее время обнаружения отдельного ПКС группой (от момента представления ДВО с 15 метками и 5 ПКС, а также появления последующих меток – 3 ПКС, до записи номера ПКС-меток и времени обнаружения), а штрафы начисляются за каждый пропуск этой ПКС одним из участников и суммируются для группы.

Как можно заметить, полученные результаты для Решения (II) имеют общую тенденцию к сокращению времени на оценку количества ПКС при довольно высоких показателях правильности, по крайней мере не худших существующего решения (I) и в некоторых моментах даже лучших, с учетом отсутствия опыта работы в данном цветографическом решении.

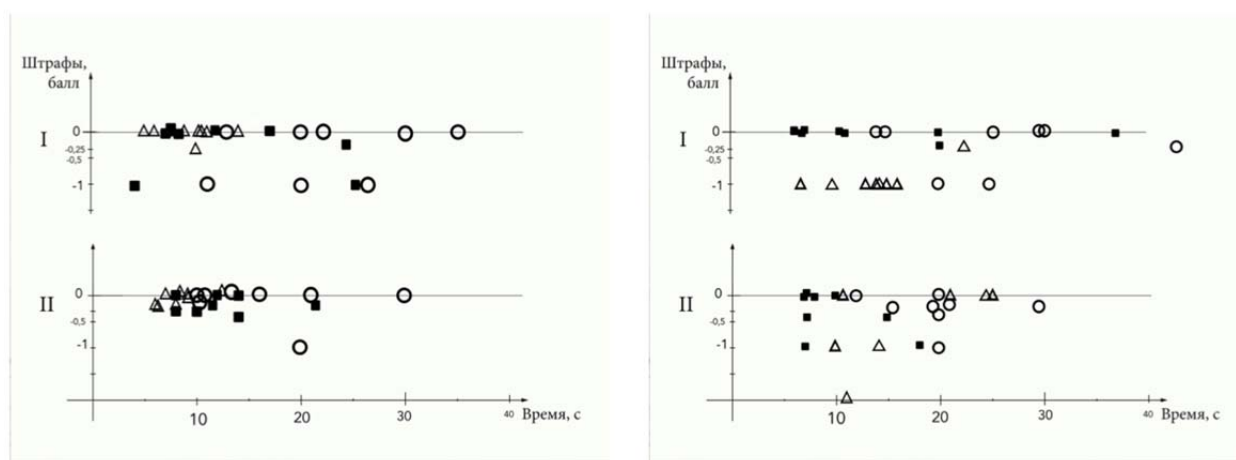


Рис. 3. График время/штрафы в задаче определения количества ПКС при снижении на два эшелона – слева – задача 1, на четыре эшелона – справа – задача 2 (квадрат – при 8 ВС, треугольник – при 12, круг – при 16)

Fig. 3. Time/error diagram in the task of "how many" potential conflicts in aircraft descend by two flight levels – left picture – task 1, descend by four flight levels – right one – task 2 (square per 8 aircrafts, triangle per 12, circle per 16)

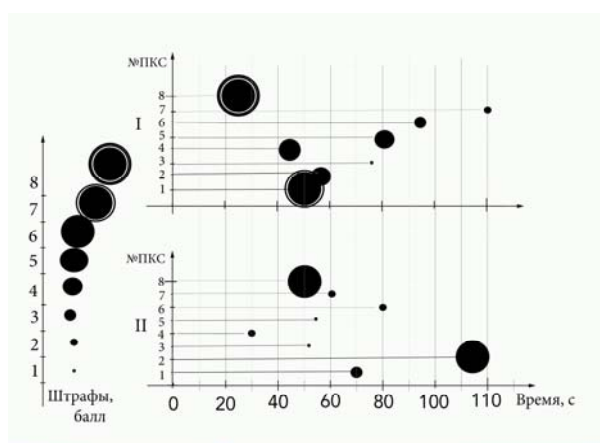


Рис. 4. График коллективное время/штрафы, задача 0, динамическая модель, 15 ВС
Fig. 4. Team time/error diagram, task 0, dynamic model, 15 aircraft

Справедливо, что бóльшая достоверность результата достигается проведением бóльшего количество испытаний. При этом необходимым является также и соблюдение достаточной идентичности проводимых экспериментов. Идентичность предполагает неизменность условий

испытания. В нашем случае это практически осуществимо только при проведении исследования с интервалами времени, обеспечивающими полное забывание предлагаемых схем у испытуемых, а также наличие моделей оценки идентичности откликов на ту или иную визуальную схему. Также замечено, что в разные периоды времени (интервал в один месяц) диспетчеры выбирают разные стратегии (или, вернее, техники) ППР: увеличения времени оценки и анализа для достижения более высокой правильности либо же конкурентную – $\Sigma W_E^k \rightarrow \max, \tau_k \rightarrow \max$ – борьбу за лидерство, с накоплением штрафов.

Так, прибегая к представленной в [4] мере характеристики понятия информационного обеспечения ППР через компонент-вектор характеристик личностного фактора $V_k^{(S_t)}$, а также используя при ограничениях по количеству испытаний инструменты теории возможностей [8, 9], где надежность сложных систем оценивается возможностью безошибочности работы – $\Pi_{\text{прав}} \in [N, 1] | N = 1 - Q$ – и необходимостью правильности ППР – N , выражаемую через Q , – возможность появления ошибки, в нашем случае соответствующей мере штрафа, можно представить результат отклика диспетчера на вводимые в первоначальной стадии исследования целесообразности применения цветowych Решений в информационной среде в виде неравенства

$$\frac{(II)V_k^{(S_t)}}{(I)V_k^{(S_t)}} = \frac{(\Pi_{\text{прав}})[\tau_k, \Sigma W_E^k][y_k]^{II}}{(\Pi_{\text{прав}})[\tau_k, \Sigma W_E^k][y_k]^I} \gtrsim 1. \quad (1)$$

Также в ходе проведения эксперимента диспетчеры неоднократно отмечали визуальное уменьшение количества меток цветографического решения. Это свидетельствует о сокращении усилий, требуемых для восприятия – $W_{\text{воспр}}^k$, являющихся частью общих усилий по выполнению функциональных операций. Проведение дополнительного эксперимента по подсчету количества меток ВС на каждом эшелоне (21 метка, 5 эшелонов) показывает абсолютное превосходство по правильности и почти двукратное временное превосходство.

Принимая мотивацию u_k для двух вариантов одинаковой, неравенство (1) с высокой степенью уверенности может считаться правильным. Притом Решение практически устраняет ограничения, накладываемые в ППР задачей 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безусловно, разработке визуально-когнитивных решений информационной среды средств наблюдения ДВО следует уделять внимание разработчикам автоматизированных систем с акцентом на то, что по сути в настоящее время АС УВД содержат в себе колоссальный потенциал развития человеко-машинного взаимодействия.

Целевая установка модернизации современной системы УВД направлена на достижение наивысшей точки оптимальности протекающих в ней процессов, что откликается в эффективности функционирования всей системы ОрВД. Эффективность в данном контексте понимается как результативность деятельности, которая характеризуется достижением наибольшего качества услуг с оптимальным применением комплекса имеющихся ресурсов, в частности когнитивных и психофизиологических, как фундамента профессионального долголетия специалистов, так и безопасных, экономичных и регулярных воздушных перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Князева Е.Н. Когнитивная сложность // Философия науки и техники. 2013. Т. 18, № 1. С. 81–94.
2. Цаплин В.В., Горохов В.Л., Витковский В.В. Когнитивные технологии визуализации многомерных данных для интеллектуальной поддержки принятия решений // Программные продукты и системы. 2014. № 3(107). С. 22–25.

3. Никулова Г.А., Подобных А.В. Средства визуальной коммуникации – инфографика и метадизайн // Образовательные технологии и общество. 2010. Т. 13, № 2. С. 369–387.
4. Крыжановский Г.А. Оптимизация процессов принятия решений в системе УВД // Межвузовский сборник научных трудов. Л., 1982. С. 131–135.
5. Бутюгин М.А., Кузнецов В.Л. К оценке пропускной способности воздушной трассы с учетом ограничений на загрузку диспетчера // Научный Вестник МГТУ ГА. 2010. № 157. С. 113–117.
6. Пономарев К.Ю. Оценка влияния хроматизма на формирование первоначального образа динамической воздушной обстановки // Вестник СПбГУ ГА. 2017. № 1(14). С. 59–70.
7. Пономарев К.Ю. Человеческий фактор в организации воздушного движения // Вестник СПбГУ ГА. 2016. № 3 (12). С. 65–77.
8. Кузьминов А.Л., Уткин В.С., Кожевников А.В. Применение возможностей моделей для оценки безопасности грузоподъемных машин // Известия ТулГУ. Технические науки. 2009. № 2. С. 104–110.
9. Dubois, Didier, Prade, Henri. Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty. New York: Plenum Press, 1988, 263 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Крыжановский Георгий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации и управления в транспортных системах СПбГУ ГА, spbguga_22@mail.ru.

Пономарев Кирилл Юрьевич, аспирант кафедры организации и управления в транспортных системах СПбГУ ГА, диспетчер УВД государственного предприятия «Белаэронавигация», kirpon1@gmail.com.

Тимошко Максим Викторович, диспетчер УВД государственного предприятия «Белаэронавигация», maxtimon@yandex.ru.

TO OPTIMIZATION OF AIR TRAFFIC CONTROL BY VISUAL-COGNITIVE COMPONENT DEVELOPMENT

Georgy A. Kryzhanovskij¹, Kiryl Yu. Ponomarev^{1,2}, Maxim V. Timoshko²
¹*Saint-Petersburg State University of Civil Aviation, Saint-Petersburg, Russia*
²*Belaeronavigatsiya SOE, Minsk, Belarus*

ABSTRACT

The article deals with the development of visual-cognitive component in interaction of the air traffic service specialist with the colour-graphic interface (of the information environment for monitoring the dynamic air situation) of a typical automated air traffic control system. Some weak points were found through monitoring of the air traffic controller interaction with information environment of interface. Elimination of the revealed drawbacks contributes to the most rational functional condition of air traffic control system. It becomes extremely important in high workload periods and especially in the situations of sharp urgency, e.g. in a short-term conflicts, in hazardous meteorological conditions, in unforeseen or emergency situations in flight etc. The way of optimization of the air traffic control in the automated system is examined by applying visually-cognitive aids (tools) of user interaction available nowadays with the colour-graphic interface of the information environment. In a sense, we can talk about developing a cognitive support system for making rational decisions to identify potentially conflict situations and to counteract latent type of such situations. The development of decision support tools of rational orientation requires an analysis of the activity of the decision-maker, taking into account his personal factor, where the joint explication of the personal factor with information provision is appropriate. In this connection, the key priority is the development of information provision with colour-chromatic supplement of labels and aircraft marks. It results in information reduction to the minimum necessary and sufficient for making a decision on a rational basis. Application effect of the developed visual-cognitive solutions in the real route air traffic controllers test group is presented.

Key words: air traffic control, information environment interface, decision-making support, colour-graphic solution.

REFERENCES

1. **Knjazeva, E.N.** (2014). *Kognitivnaja slozhnost'* [Cognitive complexity]. *Filosofija nauki i tehniki* [Science and engineering philosophy], no. 1, vol. 18, pp. 81–94. (in Russian)
2. **Caplin, V.V., Gorohov, V.L. and Vitkovskij, V.V.** (2014). *Kognitivnye tehnologii vizualizacii mnogomernyh dannyh dlja intellektual'noj podderzhki prinjatija reshenij* [Cognitive technologies in multidimensional data visualization for intellectual decision making support]. *Programmnye produkty i sistemy* [Software products and systems], no. 107(3), pp. 22–25. (in Russian)
3. **Nikulova, G.A. and Podobnyh, A.V.** (2010). *Sredstva vizual'noj kommunikacii – infografika i metadizajn* [Visual communication means – infographics and metadesign]. *Obrazovatel'nye tehnologii i obshchestvo* [Education technologies and society], vol. 13, no. 2, pp. 369–387. (in Russian)
4. **Kryzhanovskij, G.A.** (1982). *Optimizacija processov prinjatija reshenij v sisteme UVD* [Decision making process optimization in ATC system]. *Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov, Leningrad* [Interacademic collection of scientific works, Leningrad], pp. 131–135. (in Russian)
5. **Butjugin, M.A. and Kuznecov, V.L.** (2010). *K ocenke propusknoj sposobnosti vozduшной trassy s uchetom ogranichenij na zagruzku dispetchera* [To air-route capacity assessment in the ATCo's workload restrictions context]. *The Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*, no. 157, pp. 113–117. (in Russian)
6. **Ponomarev, K.Yu.** (2017). *Otsenka vliyaniya khromatizma na formirovanie pervonachal'nogo obraza dinamicheskoi vozduшной obstanovki* [Chromatism impact assessment on a primary dynamic air situation image]. *Vestnik SPbGUGA* [Bulletin of the SPBGUGA], no. 14(1), pp. 59–70. (in Russian)
7. **Ponomarev, K.Yu.** (2016). *Chelovecheskii faktor v organizatsii vozdušnogo dvizheniya* [Human handicap in ATC]. *Vestnik SPbGUGA* [Bulletin of the SPBGUGA], no. 12(3), pp. 65–77. (in Russian)
8. **Kuz'minov, A.L., Utkin, V.S. and Kozhevnikov, A.V.** (2009). *Primenenie vozmozhnostnyh modelej dlja ocenki bezopasnosti gruzopod'emnyh mashin* [Safety evaluation in lifting machine based on theory of possibility and modeling]. *Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki* [TulGU news. Engineering science], no. 2, pp. 104–110. (in Russian)
9. **Dubois, Didier and Prade, Henri.** (1988). *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*. New York: Plenum Press, 263 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Georgy A. Kryzhanovskij, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Civil Aviation Organization and Management in Transport Systems Chair, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation, spbguga_22@mail.ru.

Kiryl Yu. Ponomarev, Postgraduate Student of Civil Aviation Organization and Management in Transport Systems Chair, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation, Air Traffic Controller of Belaeronavigatsiya SOE, Republic of Belarus, kirpon1@gmail.com.

Maxim V. Timoshko, Air Traffic Controller of Belaeronavigatsiya SOE, Republic of Belarus, maxtimon@yandex.ru.

Поступила в редакцию 27.12.2017
Принята в печать 15.05.2018

Received 27.12.2017
Accepted for publication 15.05.2018