

УДК 681.513

М.А. Павленко, А.И. Тимочко, М.Ю. Яковлев, М.Ю. Гусак

Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, Львов

СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В статье рассматриваются вопросы проектирования и разработки системы информационных моделей для информационного обеспечения деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением. Проведен обобщенный анализ деятельности оператора, приведена оценка затрат времени на выполнение различных действий, связанных с анализом информационных моделей и выделен набор стандартных действий в различных условиях складывающейся воздушной обстановки. Выделение стандартных действий оператора позволяет сформировать алгоритмы или сценарии его действий, что в свою очередь служит основой для разработки информационных моделей, обеспечивающих информационную поддержку анализа обстановки и принятия решений. Реализация данного подхода к формированию информационных моделей возможна при использовании интеллектуальных информационных технологий. Их использование позволяет решить задачу распознавания складывающейся обстановки и на основании этого решения реализовать процедуру синтеза и управления информационными моделями на пунктах управления воздушным движением. Использование при формировании информационной модели сценария деятельности оператора с учетом сложившейся ситуации может повысить качество разработки системы информационного обеспечения и обеспечить повышение оперативности деятельности оператора при управлении воздушным движением.

Ключевые слова: оператор, информационная модель, управление, эргономическое проектирование, деятельность оператора, принятие решений, сценарное проектирование.

Введение

Для однозначного понимания используемых в статье понятий и определений уточним понятие "информационная модель" в том контексте, в котором оно будет использовано в статье. Под информационной моделью (ИМ) будем понимать семантическое или синтаксическое описание, представленное в форме образов, которое отображает свойства, характеристики и связи наблюдаемого объекта (процесса, явления, системы, ситуации и др.). Информационная модель реализуется комплексом средств отображения информации, включающем в себя комплекс технических средств отображения информации, а также программную реализацию алгоритмов обработки информации. Информационная модель входит в информационную систему автоматизированных систем управления (АСУ).

Рассмотрим процесс управления воздушным движением на основе деятельности диспетчера (в дальнейшем будем использовать понятие оператор) пункта управления (ПУ) воздушным движением.

Модель деятельности оператора при решении задачи определения положения воздушного объекта

(ВО), количественного состав, курса полета, диапазонов высот и скоростей может быть представлена следующим графом (рис. 1) [1, 10].

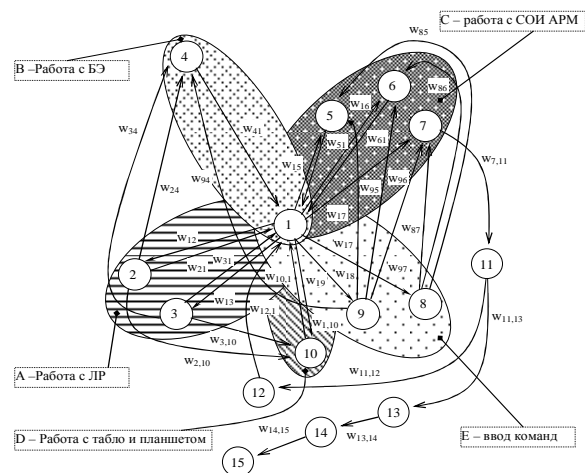


Рис. 1. Модель деятельности оператора при оценке воздушной обстановки

В представленном графе вершины соответствуют событиям, например, "информация, представленная на средствах отображения информации, воспринята",

"ввод команд в АСУ осуществлен", в то время как ребрам соответствуют вероятности перехода от одного события к другому, а также время, затрачиваемое на такой переход. Содержание вершин данного графа, а также смысл и последовательность переходов между вершинами приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

События	Содержание события
1	Начало работы оператора на ПУ
2,3	Взаимодействие оператора с другими лицами смены
4	Анализ информации, которая отображается на большом экране, выполнен
5	Анализ общей информации, которая отображается на экране АРМ, выполнен
6	Анализ обобщенной информации на экране АРМ выполнен
7	Анализ информации, которая представлена ИМ, выполнен
8	Введение информации с клавиатуры произведено
9	Введение информации с использованием манипулятора "мышь" произведено
10	Дополнительная информация с планшетов и табло воспринята
11	Оценка информации о ВО выполнена
12	Решение не принято
13	Решение принято
14	Кнопка подтверждения нажата
15	Решение задачи завершено

Таблица 2

Переходы	Действия, которые выполняет оператор при переходе из одного состояния в другое
$w_{4,1}, w_{5,1}, w_{6,1}$	Восприятие оператором информации на большом экране и экране АРМ
$w_{10,1}$	Восприятие оператором информации, которая отображается с помощью планшетов и табло
$w_{11,12}, w_{11,13}$	Принятие решения
$w_{13,14}$	Подтверждение команды на принятие решения
$w_{14,15}$	Конец решение задачи

Рассматриваемая модель формально может быть задана следующим образом [1]:

$$P = \left| p_{ij} \right| \quad (1)$$

$$T = \left| t_{ij} \right|, \quad (2)$$

где P - матрица вероятностей переходов между событиями ij ;

T - матрица времени, затрачиваемого на работу при переходе от события i к событию j ;

p_{ij} - вероятность перехода от события i к событию j ;

t_{ij} - время, затрачиваемое на переход от события i к событию j ;

$i=j=N$ - и соответствуют количеству состояний, в которых может находиться оператор.

На рис. 1 значения p_{ij} и t_{ij} заданы как w_{ij} , где $w_{ij}(p_{ij}, t_{ij})$.

Анализ данной модели с использованием средств имитационного моделирования [1] позволяет определить затраты времени на выполнение отдельных операций, затраты времени на выполнение комплекса операций, связанных с различными аспектами деятельности оператора (работа с АРМ, ввод команд и др.), а также провести анализ его деятельности в зависимости от используемых ИМ [10].

Исследования деятельности оператора показывают, что состав и свойства используемых ИМ существенно влияют на качество и оперативность работы оператора. Данное влияние еще больше проявляется, когда исследуется деятельность оператора в различных складывающихся ситуациях. К таким ситуациям можно отнести: нарушения правил полета, опасность столкновения воздушных объектов, полет неопознанных объектов и др.

Таким образом, требуется проведение дополнительных исследований по совершенствованию ИМ с учетом особенностей деятельности оператора в различных условиях обстановки.

Анализ последних публикаций

Исследованию методов создания и управления ИМ при организации информационной поддержки процесса решения задач управления посвящены работы [1, 2, 7-9].

Текстовые ИМ [1,3] используются при отображении статической информации. Основной задачей таких простых информационных моделей является представление статичных текстовых данных, необходимых в процессе работы оператора. Примером таких ИМ могут быть инструкции, алгоритмы работы, перечни решаемых задач и др., представленные оператору в виде текстовых документов.

Алгоритмические методы создания и управления ИМ [1,2] позволяют сформировать модели, отражающие алгоритм деятельности оператора и, в свою

очередь, подразделяются на информационно-логические и командно-информационные. Эти модели используются для управления одним сложным объектом, например, энергоблоком, ядерным реактором и т.д.

По способу воспроизведения информации и применяемому методу управления ИМ можно выделить [1,2,8,9] изобразительный подход к отображению информации без учета алгоритма деятельности оператора. Недостатками этого подхода к созданию ИМ являются: ИМ отражает информацию, необходимую для решения одной – двух задач управления; отображаемая информация не соответствует логике работы оператора; анализ модели требует больших затрат времени.

Следующий метод управления ИМ основан на изобразительном подходе к отображению информации с ограниченным учетом алгоритма деятельности оператора [1,3,7-9]. Такой подход позволяет создавать более совершенные ИМ по сравнению с методом, рассмотренным выше. Недостатками подхода являются: ограниченное число программ управления ИМ; отсутствие реализации поддержки распознавания оперативных ситуаций; отсутствие возможности адаптивного управления параметрами отображения ИМ; реализована поддержка деятельности оператора по ограниченному набору алгоритмов решения задач управления.

Таким образом, вопросы, связанные с созданием метода разработки и управления ИМ, которые позволили бы управлять ИМ с учетом складывающейся обстановки и в соответствии с задачами, решаемыми оператором при управлении воздушным движением, исследованы и представлены в литературе недостаточно и требуют проведения дальнейших исследований. Разработка методов управления ИМ с учетом указанных требований возможна при использовании интеллектуальных методов отбора информационных признаков и модификации информационных элементов ИМ в соответствии со складывающейся обстановкой и в соответствии с задачами, решаемыми оператором.

Основная часть

Проведенный анализ литературы позволяет сделать вывод о том, что дальнейшей перспективой развития методов формирования и управления ИМ является использование интеллектуальных методов.

Подобный подход был предложен к реализации в работе [9].

Однако реализация данного подхода возможна при условии решения задачи распознавания ситуаций в воздушном пространстве. На сегодняшний день существуют подходы, позволяющие решить данную задачу.

Однако использование такого подхода порождает необходимость разработки множества ИМ и информационных элементов, которые позволили бы

отобразить множество ситуаций в воздушном пространстве и их особенностей.

Покажем это на примере.

Существует множество информационных признаков (ИП) u_i , описывающих возможную ситуацию, которое представим в виде множества U . Данное множество ИП может быть представлено в следующем виде

$$\bigcup_i u_i = U. \quad (3)$$

При этом возможно выделить множество различных ситуаций в воздушном пространстве $k_n \in A_L$. Каждой такой ситуации можно поставить в соответствие определенное множество U_n ИП u_i , которые ее характеризуют:

$$\bigcup_{u_i \in k_n} u_i = U_n, \quad \bigcup_n U_n = U. \quad (4)$$

Для каждой ситуации k_n можно выделить множество определяющих Π_n^o ИП u_j^o

$$\bigcup_{u_j^o \in k_n} u_j^o = \Pi_n^o, \quad \Pi_n^o \in U_n. \quad (5)$$

Для каждой из ситуаций k_n , кроме u_j^o , во множестве U имеются ИП, характеризующие k_n в деталях, отражающие те или иные их особенности. Назовем такие ИП дополнительными [10] и обозначим их через u_j^d . Для k_n можно выделить множество Π_n^d информационных признаков u_j^d

$$\bigcup_{u_j^d \in k_n} u_j^d = \Pi_n^d, \quad \Pi_n^d \in U_n. \quad (6)$$

При эргономическом проектировании ИМ и их фрагментов наряду с информационными признаками Π_n^d необходимо определить недостающие ИП. Эти ИП формируются на основе обработки исходной информации. Обозначим такие ИП через u_j^* . После этого формируется множество Π_n^*

$$\bigcup_{u_j^* \in k_n} u_j^* = \Pi_n^*, \quad u_j^* \notin U_n. \quad (7)$$

Таким образом, состав ИП, характеризующих складывающуюся ситуацию, возможно представить следующим множеством

$$\Pi_n^o \cup \Pi_n^d \cup \Pi_n^* = U_n. \quad (8)$$

Для формирования ИМ оценки ситуации необходимо также учитывать перечень задач, решаемых оператором в определенной ситуации.

Множество Z всех задач z_m оценки ситуации можно представить в следующем виде

$$\bigcup_m z_m = Z. \quad (9)$$

Тогда множество задач оценки ситуации k_n можно представить в следующем виде

$$\bigcup_{z_m \in k_n} z_m = Z_n, \quad Z_n \in Z. \quad (10)$$

Проведенный анализ задач оценки ситуации позволит определить необходимый состав ИП для решения данных задач. Множество W необходимых ИП $W_g^{z_m}$ для решения задач z_m :

$$\bigcup_{w_g \in z_m} w_g = W_g^{z_m}, \quad W_g^{z_m} \in W. \quad (11)$$

При этом необходимо учитывать, что возможна ситуация, что $W_g^{z_m}$ будет включать в себя ИП из множеств $\Pi_n^o, \Pi_n^\partial, \Pi_n^*$:

$$\Pi_n^o \cup \Pi_n^\partial \cup \Pi_n^* \rightarrow W_g^{z_m}. \quad (12)$$

Это определяет необходимость поиска (получения) дополнительной информации, а также учета данного фактора при проектировании ИМ с таким расчетом, чтобы обеспечить интеллектуальную деятельность оператора при самостоятельном определении недостающих ИП по той информации, которая представлена в ИМ.

Формальное задание процедур отбора необходимых ИП для формирования ИМ возможно представить множеством морфизмов, формализующих процедуры их отбора.

На основании анализа процедур распознавания ситуации [8] возможно определить множество решаемых задач оценки оператором Z_n , в сложившейся ситуации k_n :

$$\mu_1 : k_n \xrightarrow{z_m \in k_n} Z_n. \quad (13)$$

На основании полученного перечня решаемых задач оценки Z_n определим множество ИП, обеспечивающих их решение,

$$f_1 : U \xrightarrow{u_i \in Z_n} W_g^{Z_n}. \quad (14)$$

Далее необходимо отобрать определяющие u_j^o , дополнительные u_j^∂ и вспомогательные u_j^* ИП, необходимые для решения задач Z_n . Формально данные процедуры зададим следующим образом:

$$f_2 : u_j^o \xrightarrow{u_j^o \in W_g^{Z_n}} \Pi_{Z_n}^o; \quad (15)$$

$$f_3 : u_j^\partial \xrightarrow{u_j^\partial \in W_g^{Z_n}} \Pi_{Z_n}^\partial; \quad (16)$$

$$f_4 : u_j^* \xrightarrow{u_j^* \in W_g^{Z_n}} \Pi_{Z_n}^*. \quad (17)$$

Для решения задач Z_n выделяется множество общих ИП, обеспечивающих фон, на котором представлены остальные ИП. Для этого выделим множество статических ИП $S\{s_1, s_2, \dots, s_d\}$, $s_d \in U$

$$\bigcup_{s_d \in U} s_d = S. \quad (18)$$

Тогда для решения задач Z_n необходимо отобрать множество $S_n^{Z_n}$ ИП s_d , обеспечивающих их решение,

$$f_5 : s_d \xrightarrow{s_d \in S} S_n^{Z_n}. \quad (19)$$

Таким образом, ИМ, обеспечивающую информационную поддержку решения задач Z_n в условиях k_n , можно представить следующим множеством ИМ_n:

$$\Pi_{Z_n}^o \cup \Pi_{Z_n}^\partial \cup \Pi_{Z_n}^* \cup S_n^{Z_n} = ИМ_n. \quad (20)$$

Для формирования ИМ выделены четыре группы ИП:

- определяющие: отражают характерные особенности ситуации и позволяют провести ее оценку в целом, определить ее принадлежность к определенному классу;

- дополнительные: характеризуют детали ситуации, представляют ее особенности для решения частных задач в сложившихся условиях;

- вспомогательные: представляют информацию о тех ИП, данные о которых получены на основе дополнительного анализа и преобразования определяющих и вспомогательных ИП и которые не могут быть получены явно;

- статичные: характеризуют статичные данные, помогающие при решении конкретных задач оценки складывающейся ситуации. Разработку

структуры ИМ проведем на основе этапов отбора ИП, рассмотренных выше.

При формировании базовой ИМ используются не все имеющиеся ИП, а только те, которые при минимальном составе обеспечивают понимание оператором сложившейся ситуации.

После модификации $P_{Z_n}^o$ происходит модификация ИМ от базовой ИМ (БИМ) к БИМ1.

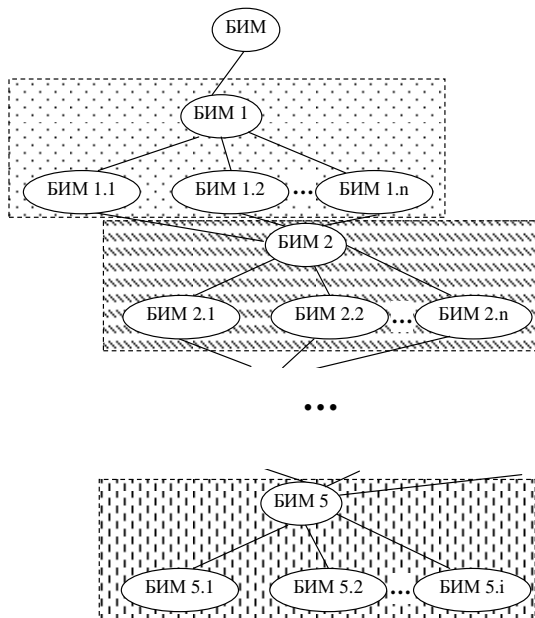


Рис. 2. Вариант структуры ИМ

Однако такой, достаточно общий, подход к процессу разработки и управления ИМ имеет один существенный недостаток. Его можно охарактеризовать как неконтролируемый рост числа возможных ИМ и отсутствие адекватных средств управления информационной насыщенностью таких ИМ. Данный подход не позволяет утверждать факт возможности получения ИМ, адекватных ситуациям и особенностям деятельности оператора.

Что может служить фактором, сдерживающим рост количества ИМ? Ответ на этот вопрос таится в самом операторе и характере его деятельности. Деятельность оператора по управлению воздушным движением регламентирована множеством документов. Такими документами являются: законы об использовании воздушного пространства, инструкции, правила и др. На процесс управления также влияют тип и характеристики воздушных объектов, а также условия сложившейся ситуации.

Таким образом, необходимо пересмотреть подход к реализации процесса синтеза и управления ИМ для учета складывающейся воздушной обстановки. При этом сложившаяся ситуация

должна быть определяющим фактором для всех действий оператора. В этом случае его действия не будут хаотичными, а подчинятся правилам и алгоритмам, характерным для данной ситуации. Например, в случае необходимости предотвращения столкновения самолетов оператор будет решать задачу в ограниченной области пространства и не будет наблюдать за теми воздушными объектами, которым ничего не угрожает.

Таким образом, логично будет предположить, что оператор должен действовать по заранее оговоренному сценарию (алгоритму), разработанному для всех возможных ситуаций. В этом случае весь процесс его деятельности можно представить в виде набора сценариев и переходов между ними.

Тогда, учитывая выделенные сценарии действия оператора и с учетом рис.2, можно ограничить количество ИМ и представить их взаимосвязь в соответствии с возможными ситуациями. Пример подобного набора сценариев, возможных переходов и используемых ИМ представлен на рис. 3.

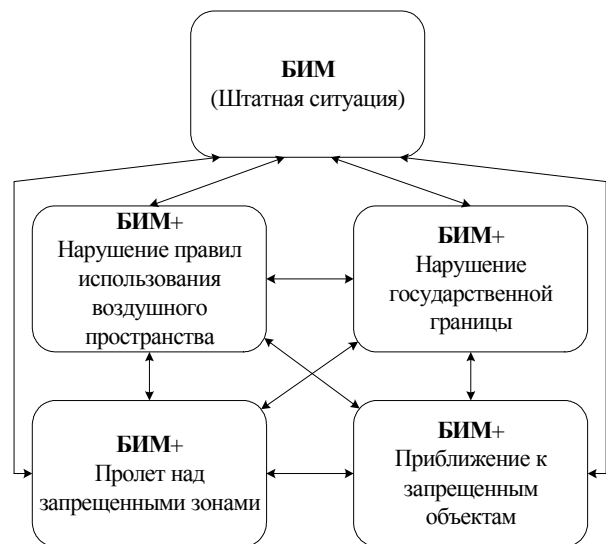


Рис. 3. Структура ИМ, обеспечивающих информационную поддержку деятельности оператора

Таким образом, предложен новый подход к проектированию системы информационного обеспечения деятельности оператора по управлению воздушным движением. Данный подход назовем сценарным проектированием системы информационного обеспечения деятельности оператора. Под сценарным проектированием системы информационного обеспечения деятельности оператора будем понимать процесс разработки систем информационного обеспечения деятельности оператора, в основу которого положены результаты анализа сценариев его деятельности в сложившейся обстановке (ситуациях).

Каждая ситуация должна быть описана своими ИП, которые будут однозначно ее характеризовать. Это позволит избежать информационную перегрузку пользователя, упростит процесс динамического синтеза и управления ИМ.

Для решения задачи управления ИМ и предотвращения информационной перегрузки оператора обязательным условием успешного функционирования такой системы является разработка системы распознавания складывающихся ситуаций.

Конечно, может возникнуть вопрос, а что делать, если сложится ситуация, не отвечающая ни одной из ранее описанных в системе? Такой вопрос всегда возникает в случае использования интеллектуальных систем. Проведенные исследования с использованием системы распознавания ситуаций показывают [7-9], что отсутствие в базе знаний описаний новой ситуации приводит к ошибке ее распознавания. Однако на практике такая ситуация редко возникает сама по себе неожиданно. Она рождается в ходе трансформации из уже известных ситуаций и редко может сбить с толку оператора. Другой вопрос, что оператор не имеет четкого алгоритма действий в таких условиях, поэтому система управления ИМ переходит в режим отображения общей ИМ, который соответствует базовой информационной модели. Для отображения информации об особенностях ситуации или возникающих опасностях сообщается в дополнительных средствах отображения информации или частях экрана, предназначенных для вывода дополнительной информации.

Выводы

В статье предложен подход к разработке системы информационных моделей для информационного обеспечения деятельности оператора управления воздушным движением. Основными особенностями, положенными в основу предложенного подхода, являются:

1. Использование интеллектуальных технологий синтеза и управления ИМ.
2. Проведение предварительного исследования и моделирования деятельности оператора.
3. Выявление характерных сценариев деятельности оператора.
4. Сопоставление ситуаций деятельности и сценариев деятельности оператора.
5. Разработка ИМ, соответствующих сценариям деятельности оператора.

Такой подход к разработке ИМ вызван тем, что операторы управления воздушным движением вынуждены работать в условиях динамического изменения складывающейся обстановки. Динамика

изменений обстановки может быть охарактеризована как высокая и очень высокая. Необходимо также отметить, что система управления воздушным движением является открытой системой и может подвергаться воздействию большого количества факторов: от технических до политических. В таких условиях использование сложившихся методов для разработки ИМ может привести к не контролируемым информационным нагрузкам и снизить эффективность деятельности оператора. Использование же предложенного подхода позволяет ограничить количество ИМ, провести их настройку и отладку, а также обеспечить дополнительной информацией оператора в случае непредвиденного изменения складывающейся ситуации. Использование интеллектуальных технологий может позволить реализовывать механизмы накопления и обобщения опыта, а также относительно легко модифицировать систему синтеза и управления без необходимости кардинальной переработки всей системы в целом.

Список литературы

1. Павленко М.А., Руденко В.М., Сериченко С.В., Симонов С.І. Використання середовища Mathlab для моделювання діяльності оператора АСУ // Системи озброєння та військової техніки. Науковий журнал. Випуск 3 (19). –Х.: ХУПС, 2009. - С. 79-83.
2. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1975. – 398 с.
3. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.А. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М.Герасимов, В.А.Тарасов, И.А.Токарев. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.
4. Серета Г.К., Бочаров Г.В., Репкина Г.В. Инженерная психология / Г.К. Серета, Г.В. Бочаров, Г.В. Репкина. – К.: Вища школа, 1976. – 307 с.
5. Хрестоматия по инженерной психологии / Сост.: Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов / Под ред. Б.А. Душкова. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с.
6. Пятков Ю.П. Организация управления военнотехническими системами: Учебное пособие / Ю.П. Пятков. – Харьков: ХВУ, 1997. – 205 с.
7. Низиенко Б.И., Павленко М.А., Бердник П.Г. Метод формализации знаний, содержащих модальности для экспертных систем реального времени // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ, 2004. – Вип. 10(38). – С. 117-125.
8. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ. 2004. – Вип. 9(37). – С. 124-133.

9. Павленко М.А., Сисков А.В., Перепелица А.В., Руденко В.Н. Метод определения направления удара СВН в границах оперативного направления // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ. – 2005. – Вип.33. – С. 112-121.

10. Павленко М.А. Моделирование деятельности оператора с использованием CASE-технологий при

разработке перспективных средств автоматизации // Системы обработки информации. – Харьков: ХУ ПС, 2009. – Вип. 6(80). – С. 89-92.

Рецензент: д.т.н., проф. В.В. Литвин, кафедра ІСМ Національний університет „Львівська Політехніка”, Львів.

Сценарний підхід до розробки інформаційних моделей забезпечення діяльності оператора автоматизованих систем управління

М.А. Павленко, А.И. Тимочко, М.Ю. Яковлев, М.Ю. Гусак

У статті розглядаються питання проектування і розробки системи інформаційних моделей для інформаційного забезпечення діяльності оператора автоматизованих систем управління повітряним рухом. Проведено узагальнений аналіз діяльності оператора, наведена оцінка витрат часу на виконання різних дій, пов'язаних з аналізом інформаційних моделей і виділений набір стандартних дій у різних умовах формування повітряної обстановки. Виділення стандартних дій оператора дозволяє сформуванню алгоритми або сценарії його дій, що в свою чергу служить основою для розробки інформаційних моделей, що забезпечують інформаційну підтримку аналізу обстановки і ухвалення рішень. Реалізація даного підходу до формування інформаційних моделей можлива при використанні інтелектуальних інформаційних технологій. Їх використання дозволяє вирішити задачу розпізнавання складної обстановки, і на підставі цього рішення реалізувати процедуру синтезу і управління інформаційними моделями на пунктах управління повітряним рухом. Використання при формуванні інформаційної моделі сценарію діяльності оператора з урахуванням сформованої ситуації може підвищити якість розробки системи інформаційного забезпечення та забезпечити підвищення оперативності діяльності оператора при управлінні повітряним рухом.

Ключові слова: оператор, інформаційна модель, управління, ергономічне проектування, діяльність оператора, прийняття рішень, сценарне проектування.

Scenario approach to the engineering of information models, designed to enable the activities of operator in automated control systems

M. Pavlenko, A. Tymochko, M. Yakovlev, M. Husak

The article deals with the problems of designing and development of information models system for data support of activities of air traffic operator in automated control system. The generalized analysis of operator's activities is conducted, the assessment of time expenditure for the fulfillment of different actions, concerned with the analysis of information models, is described, and the set of standard actions under different conditions of current air environment is selected. The selection of standard actions of the operator allows to form the algorithms or scenarios of his behavior, what, in its turn, serves as a basis for the engineering of information models. The application of intellectual information technologies enables to solve the task of current situation recognition and implement the synthesis and control procedure of information models. The use of operator's behavior scenario can improve the quality of data support engineering and provide the increase of operator's activities efficiency.

Key words: operator; information model; control; ergonomic engineering; operator's activities; decision making; scenario engineering.