

Вісник Харківського національного університету
Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи
управління»

УДК 621.391

№ 629, 2004, с.125-131

Особенности интерфейса автоматизированных систем поддержки действий оперативных служб контроля и управления подвижными объектами

Е. В. Дуравкин, В. В. Ковкин, А. В. Статкус

Харьковский военный университет, Украина

The problem of development of automated support interface (AS²I) for mobile objects command and control operations services activity is stated. The AS²I essential inherent features are collected. The AS²I conception based on on-line sequenced binary decomposition of complex dynamic scene (Socrates Questions Sequence) is proposed. Some heuristics are given.

1. Общая постановка задачи и её актуальность

В системах контроля и управления подвижными объектами, которые, в свою очередь, являются подсистемами транспортных и военных систем, исключительная роль отводится оперативным службам (диспетчерская служба и пр.). Специфика объектов управления состоит в том, что они являются сложными техническими системами с распределенными по большому пространству (сотни километров) элементами, многие из которых являются подвижными (самолеты, поезда, автомобили, морские и речные суда). Функционирование этих систем сопряжено с возможностью возникновения непредвиденных или «нештатных» ситуаций, неблагоприятное развитие которых чревато, как правило, авариями и катастрофами. Поскольку возникающие ситуации по своей природе сложны и плохо формализуемы, несмотря на широкое распространение АСУ, принятие решений в ответственных случаях осуществляется человеком – должностным лицом оперативной службы или лицом, принимающим решение (ЛПР). Зачастую только человек способен принимать эффективные решения в нестандартной ситуации. Но в то же время, быстро меняющаяся обстановка, высокая ответственность и ограниченное время на принятие решения приводят к тому, что человек вынужден действовать в условиях сильного стресса и, во многом, по этой причине его действия не всегда являются адекватными. Иногда неверные действия (бездействие) лиц, выполняющих функции управления, могут быть как причинами возникновения штатных ситуаций, так и причинами неблагоприятного их развития – в этом случае принято говорить о так называемом «человеческом факторе».

Возможным путем повышения эффективности функционирования оперативных служб является разработка и внедрение автоматизированных систем поддержки действий оперативных служб (СПДОС). Одной из главных задач, возникающих при разработке таких систем, является задача разделения функций между человеком и ЭВМ.

В настоящее время наиболее логичной является ситуация когда на машину возлагаются задачи по сбору и анализу первичной информации поступающей от объектов управления, взаимодействующих средств и внешней среды. Человеку в данной системе отводятся функции заключительного анализа и принятия решения.

Основу СПДОС составляют следующие основные компоненты.

1. База данных. Содержит сведения о состоянии объектов управления и прочих элементах обстановки.

2. База знаний. Содержит знания о функционировании системы, которые позволяют помочь ЛПР выработать управляющие воздействия на основе информации о текущем состоянии системы.

3. Интерфейс с ЛПР.

2. Истоки исследования авторов

Настоящая работа основывается на отечественном и зарубежном опыте разработки и эксплуатации систем управления воздушным движением [1-3], а также опыте включения в СПДОС элементов искусственного интеллекта [4,5].

3. Нерешенные проблемы и цели работы

Специфика задач, решаемых оперативными службами, требует выделения интерфейса СПДОС в отдельную составляющую. Можно утверждать, что именно обеспечение эффективного интерфейса СПДОС является наиболее сложной задачей при разработке подобных систем. В настоящее время базы данных уже реально существуют в рамках широко распространенных АСУ, базы знаний существуют в виде апробированных инструкций, методик и описаний. Опыт эксплуатации АСУ реального времени показал, что сбор и анализ информации занимает практически 50% времени отводимого на принятие решения [4]. Следовательно, наиболее актуальной проблемой данных систем является создание интерфейса, который позволит не только сократить время необходимое на сбор и анализ информации, но и снизить вероятность возникновения «нештатных» ситуаций по вине человека.

Цель статьи – анализ особенностей проблемы создания интерфейса СПДОС и поиск возможных путей ее решения на основе опыта разработки СПДОС в системах контроля воздушного пространства.

4. Особенности проблемы создания интерфейса СПДОС

Эффект от применения СПДОС может рассматриваться в двух аспектах.

Во-первых, среди штатных ситуаций многие имеют определенное сходство и, следовательно, заранее могут быть разработаны обоснованные алгоритмы действий лиц оперативной службы (эти алгоритмы в большинстве своем имеются в виде должностных инструкций). Реализация этих алгоритмов на вычислительных средствах автоматизированных рабочих мест ЛПР позволяет освободить человека-оператора от необходимости удерживать в памяти всю последовательность своих действий, которая может быть различной в различных ситуациях и практически исключить возможность пропуска или перепутывания необходимых действий.

Во-вторых, сообщения в сетях управления имеют, как правило, строго регламентированную структуру, что способствует автоматизации процесса обмена данными. Автоматизация процесса выдачи команд и приема донесений позволяет:

а) существенно сократить время на составление сообщения – используются типовые готовые формы, в которых остается заполнить поля ввода (своего рода переменные);

б) повысить достоверность выдаваемой информации – проверка корректности вводимых параметров может осуществляться автоматически.

Поэтому основными компонентами интерфейса СПДОС являются два элемента:

окно анализа обстановки;

окно выдачи (приема) информации.

5. Возможные пути создания интерфейса СПДОС

Предлагается построение интерфейса на основе последовательной бинарной декомпозиции текущей обстановки как сложной динамичной сцены. В каждый момент времени человек-оператор работает лишь с одним элементом. В окне анализа обстановки последовательно выводятся вопросы о складывающейся обстановке, предполагающие только лишь утвердительный либо отрицательный ответ (т.е. образующие последовательность вопросов Сократа [7]). Такой бинарный выбор требует минимального времени для анализа ситуации. После ввода достаточного количества классификационных признаков ЛПР в окно анализа выдается решение экспертной системы в сложившейся ситуации. Существенной особенностью является то, что окна анализа перемежаются окнами выдачи информации сообразно складывающейся ситуации. Таким образом, интерфейс СПДОС обеспечивает одновременно анализ обстановки и управление силами и средствами. В окнах анализа обстановки и окнах выдачи информации широко используются данные из базы данных о текущей обстановке, что позволяет рационально организовать работу ЛПР: освободить от поиска нужной на данный момент информации и от анализа ненужной.

При разработке элементов интерфейса ключевым моментом является определение следующих их параметров.

1. Размер. С выбором размера элементов интерфейса связаны две проблемы. Первая вытекает из особенностей реализации СПДОС как части программного комплекса АРМ ЛПР, при этом возможности АРМ по отображению динамичной обстановки не должны существенно снижаться. Поэтому размеры элементов интерфейса подбираются опытным путем как приемлемое сочетание двух противоречивых тенденций: с одной стороны, они не должны быть настолько велики, чтобы мешать восприятию ЛПР динамичной обстановки (положения подвижных объектов), а, с другой, – не настолько малы, чтобы быстро и безошибочно восприниматься ЛПР. Вторая связана с определением количества выводимой информации. Проведенные исследования работы операторов оперативных служб показали, что увеличение выдаваемой информации в какой-то момент приводит к увеличению времени принятия решения. Поэтому необходимо основное внимание уделять не количественному, а качественному совершенствованию информационной модели.

Рассмотрим процесс определения объема выдаваемой оператору информации для принятия решения. В качестве критерия качества принятия решения приемлем вероятностью своевременного и безошибочного решения задачи P . Тогда:

$$P = P_t \cdot P_{opt}, \text{ где}$$

P_t - вероятность своевременного решения; P_{opt} - вероятность безошибочного принятия решения.

Для определения P_t необходимо учесть, что связь между временем переработки информации T_o и ее объемом I определяется законом Хика-Хаймера [6]:

$$T_o = \alpha + \beta \cdot I, \text{ где}$$

α и β - константы, зависящие от специфики предметной области и определяемые экспериментально. При расчете P_t оператора можно представить как одноканальную систему массового обслуживания и выполнить соответствующие расчеты.

Для определения P_{opt} необходимо учитывать, что для любой сложной системы управления увеличение объема перерабатываемой информации приводит к увеличению эффективности управления:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max} (1 - B_o e^{-I/I_o}),$$

где

\mathcal{E}_{max} - эффективность идеально работающей системы при наличии полной информации; $B_o = 1 - P_o$, где P_o - вероятность решения задачи в условиях неопределенности.

Тогда вероятность оптимального решения задач оператором можно найти из соотношения:

$$P_{opt} = 1 - (1 - P_o) e^{-\gamma I},$$

где γ - константа, характеризующая скорость возрастания величины P_{opt} от объема перерабатываемой информации.

Проведенные расчеты показали, что противоречивость требований с т. з. увеличения P_t и P_{opt} приводит к наличию оптимального соотношения требуемого времени принятия решения оператором и объема выдаваемой ему информации. Данная величина прежде всего зависит от конкретных условий применения СПДОС.

Таким образом, при разработке интерфейса в условиях ограничений на объем отображаемой информации в первую очередь необходимо отображать более «ценные» информационные элементы. Ценность и важность информационных элементов на этапе проектирования систем наиболее целесообразно определять экспертным путем.

2. Форма. Крайне желательно все элементы интерфейса выдерживать в едином стиле, что способствует удобству (а значит, скорости и достоверности) восприятия представляемой информации.

3. Цветовая гамма. Выбор цветовой гаммы должен производиться с учетом двух факторов: с одной стороны, используемые цвета не должны чрезмерно возбуждать психику человека-оператора, а с другой, - быть достаточно заметными. Опыт показывает, что наиболее предпочтительными для элементов интерфейса СПДОС являются цвета желтых и зеленых оттенков. Красный цвет

целесообразно использовать для обозначения угрожающих (критических) ситуаций. Цвет шрифта во всех случаях – черный.

4. Функциональность. Элементы интерфейса должны содержать минимально необходимое количество элементов управления, что также способствует минимизации времени реакции ЛПР (в идеале - это пара кнопок "ДА" и "НЕТ"). Элементы редактирования в окнах выдачи информации должны содержать шаблоны сообщений (списки шаблонов) из базы данных, требующие минимального редактирования согласно ситуации.

5. Расположение. Большие объемы информации и случайный характер расположения ее на экране приводят к возникновению эффекта наложения информации, что существенно затрудняет ее восприятие оператором и подготовку решения. Данная проблема, как упоминалась выше, связана как с выбором размера диалоговых окон СПДОС, так и с тем, что данные системы являются частью программного комплекса АРМ должностного лица. Следовательно, синтез информационной модели АРМ оператора необходимо производить с учетом всех факторов.

Коэффициент наложения информации K_n можно определить как отношение суммарной площади пересекающихся участков частей программного комплекса АРМ (например: информации о воздушной обстановке, информации о состоянии средств и СПДОС) S_n к площади, занимаемой всеми N частями (S_i):

$$K_n = \frac{S_n}{\sum_{i=1}^N S_i}.$$

Сущность учета эффекта наложения заключается в определении допустимого набора одновременно отображаемых диалоговых окон различных частей программного комплекса:

$$K_n(N, m_x, m_y) \leq K_n^{don},$$

где

$$m_x = a_x / D, \quad m_y = a_y / D$$

– относительные размеры диалоговых окон; D – диагональ экрана; a_x и a_y – соответственно ширина и высота окна; K_n^{don} – допустимый коэффициент перекрытия, определяемый исходя из специфики АРМ.

В свою очередь коэффициент наложения влияет на качество восприятия информации оператором, которое можно охарактеризовать как вероятность безошибочного опознавания и средним временем опознавания. Таким образом, для учета наложения информации при разработке интерфейса СПДОС необходимо определить его влияние как на скорость и точность восприятия информации, так характер зависимости K_n .

В процессе функционирования системы вероятно возникновение одновременно нескольких ситуаций, требующих вмешательства человека. Следовательно, необходимо предусмотреть возможность их упорядочения. Такое упорядочение должно обязательно учитывать как важность ситуации, так и время ее разрешения. При таком подходе каждой ситуации должен

соответствовать вектор параметров содержащий: i – индекс; d_i – директивное время разрешения; t_i – время, прошедшее с момента возникновения ситуации; v_i – абсолютная важность; $v_{oi}(\Delta)$ – относительная важность ситуации. Значения директивного времени разрешения ситуации и абсолютной важности предполагается получать экспертным путем. Величина относительной важности определяется как функция вида:

$$v_{oi}(\Delta) = \frac{v_i}{d_i - t_i}.$$

Имея относительную важность каждой ситуации, задача их ранжирования формулируется следующим образом. Необходимо найти такой порядок разрешения ситуаций P , где $P(k)=i$, если i -я ситуация разрешается k -й по счету, чтобы сумма штрафов была минимальной:

$$\sum_{i=1}^N v_{oi}(\Delta) \rightarrow \min.$$

Данная задача относится к классу задач составления оптимального расписания, считается трудно разрешимой и является NP-полной. В реальном масштабе времени задачи данного класса наиболее целесообразно решать приближенными методами, например, динамического программирования. В [4] приведены алгоритмы Хела-Карпа и Сахни-Горвица, адаптированных к приведенной постановке задачи.

Учитывая, что человек обладает ограниченной пропускной способностью разрешения ситуаций необходимо определить поток информации о них. Отсюда вытекает необходимость решения задачи определения объема обязанностей конкретного оператора, и выдаваемой на его АРМ информации.

Следует заметить, что использование СПДОС имеет смысл лишь при наличии определенной сложности объекта управления – с выполнением единичных элементарных операций у человека-оператора обычно проблем не возникает. Другими словами назначение СПДОС состоит в представлении решения возникающей задачи в виде последовательности элементарных действий. Поэтому при выборе между функциональностью и унифицируемостью элементов интерфейса предпочтение следует отдавать унифицируемости. Это позволит в полной мере реализовать достоинства объектно-ориентированного подхода к разработке программных средств. Повторное использование элементов интерфейса позволяет быстро создавать и наращивать СПДОС, а также способствует быстрому освоению этих систем пользователями.

6. Выводы по результатам и направления дальнейших исследований

6.1. Разработка и внедрение СПДОС является перспективным путем повышения эффективности работы должностных лиц оперативных служб. Одной из наименее проработанных проблем при этом является создание интерфейса СПДОС.

6.2. Опыт практических работ по созданию СПДОС для системы контроля воздушного пространства показывает, что основными требованиями к интерфейсу подобных СПДОС является обеспечение максимально быстрого и

достоверного восприятия информации, а также формирования адекватных управляющих воздействий.

6.3. В качестве элементов интерфейса хорошо себя зарекомендовали диалоговые окна с бинарным выбором и окна выдачи информации с готовыми шаблонами сообщений. Объектно-ориентированный подход к разработке интерфейса обеспечивает его масштабируемость, позволяет достичь унификации элементов и быстро наращивать СПДОС до высокого уровня сложности, превращая ее в по-настоящему эффективное средство.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.J. Lok. C² for the air warrior// Jaen's International Defense Review, - Vol. 32, 1999, - No. 10, - P. 53-59.
2. А.В. Статкус, Я.Н. Кожушко, И.М. Крыленко. Состояние и перспективы развития автоматизированных систем управления ВВС и ПВО США// Механіка та машинобудування. - Т. 2. - № 1. – 2003. – С. 182-186.
3. М. Кантор. Управление программными проектами. Практическое руководство по разработке успешного программного обеспечения: Пер. с англ. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2002. – 176 с.
4. Герасимов Б. М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. –183 с.
5. Психологические проблемы деятельности в особых условиях/ Под ред. Б.Ф. Ломова – М.:Наука, 1985 – 232 с.
6. Введение в эргономику/ Под ред. В.П. Зинченко. – М. Сов. Радио, 1974 – 352с.
7. Платон. Сочинения в 3-х т. – М.: Мысль, 1971.