

## СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ: ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

В.Г. Лебедев (ИПУ РАН)

*Выявлены основные области применения систем поддержки принятия решений оператором (СППРО). Показано, что целью разработки СППРО является улучшение быстродействия и точности создания и использования человеко-машинного взаимодействия. Сформулированы основные особенности и направления исследований в области создания подобных систем.*

Операторы, управляющие сложными техническими объектами и ТП, выполняют обширные и ответственные задачи, отвечая за нормальное функционирование объекта во всех режимах и обеспечивая условия, необходимые для работы автоматических систем. Средства оперативного управления и контроля должны позволять оператору: производить оценку обстановки (ситуаций); выбирать и задавать режимы работы объекта; включать/выключать отдельные устройства автоматики; контролировать работу объекта с целью выявления отклонений от штатных режимов и принимать решения по их устранению; управлять объектом в штатных и нештатных ситуациях; осуществлять оценку сценариев (действий, решений) и выбирать наилучший; определять состав систем и агрегатов, находящихся в работе; прогнозировать поведение объекта в штатном режиме; прогнозировать развитие нарушений во времени и распространение нарушений по взаимодействующим системам с целью определения запаса до зоны риска и выработки эффективных воздействий на объект, не производимых системами автоматики и т.д.

Системы управления сложными техническими объектами по своему характеру являются автоматизированными человеко-машинными системами. Они включают два звена, различные по природе, но тесно связанные едиными целями функционирования. Это человек-оператор и техническая часть системы управления.

Общая эффективность и надежность функционирования АСУ и управляемых ими объектов определяется не только эффективностью и надежностью работы каждого из звеньев системы, но главным образом степенью согласованности их совместной работы.

Как показывает опыт эксплуатации современных автоматизированных человеко-машинных систем управления большинство аварий, нештатных ситуаций, простоев оборудования происходит именно по вине операторов, а точнее — по вине проектировщиков, не сумевших правильно организовать деятельность операторов и согласовать с ней функционирование технической части системы управления. Это почти всегда приводит к тому, что система управления и объект управления функционируют не в оптимальных режимах. Отсюда — возникающие трудности и следующая общая постановка задачи: найти рациональный вариант распределения функций между человеком-опера-

тором и средствами оперативного управления и разработать принципы и методы построения системы поддержки принятия решений (СППР) оператором (системы-ассистента оператора), которая бы взяла на себя функцию помощника оператора в масштабе РВ при управлении сложным техническим объектом.

Попытки создания таких систем предпринимаются, в основном, в военной области для управления подвижными объектами и для помощи операторам, управляющим сложными ТП.

Задача формулируется следующим образом [1]. Пусть имеется некоторый набор сценариев, из которого один необходимо выбрать для реализации поставленной задачи. Эффективность выполнения задачи характеризуется показателем  $W \Rightarrow \max$ .

Все факторы, от которых зависит успех, разделим на три группы:

1. заданные заранее известные факторы —  $\alpha$ ;
2. зависящие от оператора элементы решения ( $x$ ), образующие в своей совокупности множества решений  $X$ ;
3. неизвестные факторы  $\gamma$ .

Показатель эффективности  $W$  зависит от всех трех групп факторов  $W = f(\alpha, x, \gamma)$ ,  $x \in X$ .

Так как величина  $W$  зависит от неизвестных факторов  $\gamma$ , она уже не может быть вычислена и остается неопределенной. В этом случае задача формулируется так: при заданных условиях  $\alpha$ , с учетом неизвестных факторов  $\gamma$ , необходимо найти такое решение  $x \in X$ , которое, по возможности, обеспечивает максимальное значение показателя эффективности  $W$ . Такая задача не может быть решена с помощью классических методов оптимизации, а решается с учетом эвристических предпочтений.

Будем различать два множества классов ситуаций. В первом множестве связь между событием, задачей и алгоритмом поиска решения описывается на основе информации, изложенной в регламентных материалах по эксплуатации объекта управления. Такое множество не требует подключения средств интеллектуальной обработки, и относящиеся к нему задачи решаются традиционными методами.

Второе множество составляют проблемные ситуации принятия решений. В этом случае выяснение существования алгоритма поиска решения и его построение является функцией СППР оператором

(СППРО), которая работает в режиме РВ и в которой полностью или частично используются следующие методы ([www.sics.se/~annika/papers/intint.html](http://www.sics.se/~annika/papers/intint.html)):

- адаптация к оператору, типу задачи, предметной области: методы, которые позволяют системе приспособляться к различным операторам и к различным ситуациям использования;
- моделирование диалога: методы, которые позволяют системе поддерживать диалог с оператором, используя комбинации различных средств взаимодействия (мультимодальный диалог);
- генерация объяснений: методы, которые позволяют системе объяснять предлагаемые оператору варианты действий.

Управляющая структура СППРО должна предусматривать возможность:

1. наличия информационного взаимодействия системы с реальным внешним миром с использованием информационных каналов связи;
2. обучаемости системы с целью повышения интеллектуальности и совершенствования собственного поведения;
3. наличия механизмов прогноза изменений внешнего мира и собственного поведения системы в динамически меняющемся внешнем мире.

#### Основные области применения СППРО

Стремление сделать работу операторов сложных аппаратно-программных комплексов более эффективной в условиях увеличивающейся сложности таких комплексов приводит к необходимости иметь в их составе специализированные СППРО.

В состав АСУ атомными станциями включаются специализированные системы информационной поддержки операторов. Так как оператор не в состоянии качественно выполнить анализ поступающей информации из большого числа параметров и рассредоточенности приборов контроля, возникает задача создания системы представления критических функций и параметров безопасности, которая позволит обобщить информацию об основных параметрах ТП и тем самым представить оперативному персоналу информацию о статусе работы энергоблока с точки зрения безопасности ([http://www.sbcinfo.ru/articles/6th\\_1998conf/5\\_12.htm](http://www.sbcinfo.ru/articles/6th_1998conf/5_12.htm)).

Аналогичный подход для создания системы информационной поддержки командира разработан для подводных лодок [2].

В атомной энергетике существуют инструментальные системы для управления и диагностики ТП (<http://www.syrgus.ru>). В такой системе модель физических процессов, работая синхронно с реальным процессом, анализирует его поведение, определяя какие причинно-следственные связи между явлениями проявляют себя в каждый момент времени. В режиме консультации с системой оператор может получить информацию о причинах отклонения параметров процесса от нормы, о срабатывании автоматики и т.п. Вместе с тем качественная модель позволяет решать задачу прогно-

зирования. В этом случае оператор может запросить систему о вероятных последствиях события: управляющих воздействий, неисправностей, аварий и др.

Для подготовки и проведения деловых игр и учений по отработке аварийных ситуаций на АЭС разработана СППРО при аварийных выбросах на ядерно-опасных объектах "Нострадамус" ([www.ibrae.ac.ru/~lgis/bank/nostradamus.htm](http://www.ibrae.ac.ru/~lgis/bank/nostradamus.htm)). Система позволяет прогнозировать атмосферный перенос радионуклидов в реальном нестационарном и неоднородном трехмерном ветровом поле с учетом рельефа местности (лагранжева стохастическая модель переноса) и выдавать рекомендации по контрмерам на острой фазе аварии и оценивать их эффективность в РВ.

Для поддержки принятия решений при управлении сложными технологическими объектами фирмой "Грант Технолоджи" (С.-Петербург) разработана информационно-аналитическая система "Спринт-РВ", основанная на знаниях ([www.grandtechnology.com/kis/sppr.shtml#4](http://www.grandtechnology.com/kis/sppr.shtml#4)). Система решает задачи оценки, диагностики, прогноза аномальных ситуаций; поиска управляющих действий (команд управления), объяснения логики "машинных рассуждений" при работе с оперативными базами знаний и позволяет обрабатывать до 30000 переменных состояния объекта контроля и управления в режиме РВ.

Для оперативного управления перевозками по заказу МПС для Куйбышевской железной дороги создана СППРО на базе интегрированной инструментальной среды G2 (Gensym Corp.) ([www.argussoft.ru/soft/projects/041.html](http://www.argussoft.ru/soft/projects/041.html)). Набор разработанных моделей обеспечивает: фильтрацию и корреляцию потоков данных от внешних источников; восстановление недостающих данных; построение полного описания текущего состояния управления.

В системе реализованы два режима поддержки принятия решений: выбор из множества альтернативных решений системы, приводящих к устранению конфликтных ситуаций; анализ и оценка решений, предложенных диспетчером.

Среди работ по созданию компьютерных СППРО можно также выделить отдельное широко развиваемое направление работ по созданию систем-ассистентов экипажа летательных аппаратов (ЛА) и так называемых оперативно советующих систем типовых ситуаций полета ЛА [3].

Авиационная практика показывает, что ошибки экипажа ЛА являются наиболее частой причиной возникновения летных происшествий и даже катастроф. Поэтому возникает задача оказания помощи экипажу путем создания систем-ассистентов, что должно повысить степень автоматизации решения оперативных задач и безопасность выполнения полета как в штатном режиме, так и в нештатных ситуациях.

На системы-ассистенты экипажа возлагаются задачи, отличающиеся от задач, решаемых системами предупреждения критических режимов (предупреждение о выходе параметров полета на предельные

эксплуатационные значения), системами предупреждения о возможном столкновении с препятствиями, используемыми на современных ЛА. В частности, к задачам систем-ассистентов экипажа относятся задачи выбора наилучшего варианта действий экипажа, учитывая множество критериев оценки допустимых действий экипажа.

Бортовые, оперативно-советующие системы типовых ситуаций полета ЛА обладают рядом основных особенностей.

1. Для каждой типовой ситуации создается своя бортовая оперативно-советующая экспертная система типовой ситуации.

2. По каждой значимой типовой ситуации вырабатываются рекомендации для экипажа по ее разрешению.

3. Экипаж может не принять выработанную рекомендацию и разрешить возникшую проблемную ситуацию другим способом, ничего не сообщая об этом экспертной системе.

4. Экспертная система решает все проблемы "своей" текущей ситуации, имеет ограниченный диалог с экипажем (ограничения по временному лимиту, предоставляемому внешней обстановкой, и по возможностям ввода информации экипажем через информационно-управляющее поле кабины).

5. Правила в базе знаний ориентируются на структуры ситуационного управления; при этом используются: априорная информация о главной задаче вылета самолета и ожидаемых условиях ее выполнения, содержащаяся в полетном задании для экипажа самолета; текущая качественная и количественная информация, поступающая от бортовых измерительных устройств, от информационно-управляющего поля кабины (от экипажа) и из "штатных" алгоритмов бортовой цифровой вычислительной машины.

Одна из самых главных проблем, которую трудно решить в рамках создания систем для конкретных ситуаций, состоит в большом числе потенциально опасных ситуаций, где необходимо принимать решение с помощью автоматизированных систем, необходимости оператору самостоятельно идентифицировать возникшую потенциально опасную ситуацию и обращаться за помощью к системе. Поэтому в качестве более перспективного направления исследований в этой области выделим подход, заключающийся в создании защитного управления, в своевременном автоматическом обнаружении потенциально опасных ситуаций и выдачи человеку-оператору (экипажу) рекомендуемых для выполнения команд по управлению объектом и его системами.

#### Особенности и направления исследований в области создания СППРО

Целью разработки СППРО является улучшение быстроедействия и точности создания и использования человеко-машинного взаимодействия, поэтому СППРО должны быть адаптируемыми и способными:

- анализировать мультимодальную входную информацию;

- генерировать скоординированное связанное представление информации;

- управлять взаимодействием (например обучением, поиском ошибок, прерыванием задач) благодаря использованию моделей;

- создавать параметры и признаки используемых объектов, классифицировать их и иерархически упорядочивать;

- автоматически составлять сценарные алгоритмы, их различные версии и комбинации;

- одновременно манипулировать несколькими информационными потоками и процессами их обработки с оптимизацией взаимодействия между ними;

- вводить и обрабатывать одновременно несколько информационных потоков по сформированным в системе нескольким версиям сценарных алгоритмов;

- рассматривать сочетание информационных потоков, формирование их взаимодействий и последовательностей их обработки по формальным правилам логического вывода.

При создании СППРО возникает ряд проблем, которые должны быть решены в процессе проектирования [4, 5]. Выделим некоторые из них:

- обеспечение возможности поиска приемлемого решения в условиях жестких временных ограничений. Число анализируемых параметров для СППРО может достигать многих тысяч, что не позволит провести качественный анализ информации на основе ее последовательной обработки. Поэтому естественным образом возникает задача распараллеливания процесса обработки информации, что должно быть поддержано соответствующими возможностями программных и аппаратных средств;

- обеспечение предсказуемости системы, которая должна давать одинаковый результат при одних и тех же входных данных; для выполнения этого условия система должна, в частности, обеспечить запуск и завершение каждой задачи в строгом соответствии с временными ограничениями (это необходимо как при использовании последовательных, так и параллельных вычислительных систем);

- обеспечение прозрачности и управляемости, то есть оператору должна быть представлена возможность просматривать настройку системы, тип сгенерированной адаптации и корректировать их в случае, если получается нежелательный для него результат.

СППРО должны помочь операторам при управлении сложными объектами и процессами различной природы. Они относятся к классу интегрированных интеллектуальных систем, сочетающих строгие математические методы и модели поиска решений с нестрогими, эвристическими моделями и методами, базирующимися на знаниях специалистов-экспертов, моделях человеческих рассуждений и накопленном опыте.

Задачи, которые могут ставиться перед СППРО:

- генерация рекомендаций оператору [6];

- порождение сложного представления данных при достижении заданной цели [7];
- выделение одного или нескольких объектов из большого числа объектов [8];
- выбор наилучших путей, ведущих к достижению необходимого результата [9];
- принятие решения о необходимости предупреждения пользователя в случае неудовлетворительного состояния объекта управления [10].

Расширение информационного потока между оператором и сложным комплексом управления породило требования к новым способам доступа к глобальным информационным архивам. Появление больших цифровых библиотек приводит к необходимости сосредоточить внимание на предоставлении более эффективного доступа к информации (просмотр, поиск, извлечение, визуализация, резюмирование).

СППРО должны обеспечить операторов необходимой информацией в наилучшей для восприятия форме в РВ. Часть информации должна включать суждения относительно ситуации на объекте управления и рекомендации для возможных действий оператора. При этом оператор должен получать описание ситуации на высоком уровне в противоположность получению данных низкого уровня при традиционном интерфейсе.

Одним из типов создаваемой СППРО информации являются рекомендуемые ответы на ситуацию. Эти ответы, называемые планами, касаются разнообразных проблем от последовательности действий для решения задач до тактики при сбоях системы.

В случае, если СППРО изменяют свое поведение, адаптируясь к оператору или задаче, то они могут рассматриваться как адаптивные системы, которые должны учитывать разнообразные методы работы, уровень опыта и другие особенности операторов и специфику решаемой задачи. При этом СППРО не должны тормозить решение задачи или выполнять нежелательные для оператора операции, так как это будет замедлять продвижение оператора к поставленной цели.

Указанные выше причины приводят к необходимости в СППРО иметь интерфейс оператора, основанный на следующих основных принципах:

- возможность ассистирования оператору за счет интеллектуальных посредников (агентов), представляющих собой системы, основанные на знаниях, обеспечивающих взаимодействие с другими агентами, сетевыми ресурсами и пользователем;
- организация процесса информационного взаимодействия оператора с системой в соответствии с различными типами решаемых задач и адаптация к оператору;
- возможность для оператора видеть сгенерированную информацию, наложенную на образы реального мира и получить от системы объяснения предлагаемых вариантов решения задач.

#### Список литературы

1. Венцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988.
2. Гаврилов А.Ф., Строканов В.Н., Уткин В.Ю., Бекашева Н.В. Система информационной поддержки командира дизельной ПЛ // Системы управления и обработки информации: Научно-технический сборник. ФНПЦ НПО "Аврора". СПб. Выпуск 1. 2000.
3. Rataj J., Bender K., Kohrs R. Pilot assistant for approach and departure // 27th European Rotorcraft Forum, Moscow, Russia. 2001.
4. Lanier, Jaron. My problems with agents. Wired. 1996.
5. Shneiderman B. Direct manipulation for Comprehensible, Predictable and Controllable User Interfaces // Proc. Of 1997 International Conference on Intelligent user Interfaces, ACM, Orlando. 1997.
6. Кулида Е.Л., Лебедев В.Г., Чесноков А.М. Проектирование интеллектуальных систем поддержки операторов сложных объектов // Автоматизация проектирования. 1999. №1.
7. Kerpedjiev S., Roth S.F. Mapping communicative goals into conceptual tasks to generate graphics in discourse // IUI2000: International Conference on Intelligent User Interfaces, ACM, New York, 2000.
8. Bradshaw S., Scheinkman A., Hammond K. Guiding people to information: Providing an interface to a digital library using reference as a basis for indexing // IUI2000: International Conference on Intelligent User Interfaces, ACM, New York, 2000.
9. Eisenstein J., Puerta A. Adaption in automated user-interface design // IUI2000: International Conference on Intelligent User Interfaces, ACM, New York, 2000.
10. Horvitz E., Jacobs A., Hovel D. Attention-sensitive alerting // Uncertainty in Intelligence: Proceedings of the Fifteenth Conference, San Francisco. 1999.

*Лебедев Валентин Григорьевич – канд. техн. наук, зав. лабораторией Института проблем управления В.А. Трапезникова РАН.*

*Контактные телефоны (095) 334-92-31. E-mail: valya@ipu.rssi.ru*

#### БИБЛИОТЕКА

#### ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА СНГ В ОБЛАСТИ ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР СРЕДСТВ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ОБЪЕКТА

Под редакцией зав. лаб. методов автоматизации производства Института Проблем Управления РАН Э.Л. Ицковича.

Объективные описания, анализ и сопоставление важнейших показателей средств отечественных и зарубежных производителей в обзорах:

**Выпуск 1.** "Программы связи операторов с ПТК (SCADA-программы) на рынке СНГ", Версия 8, 2004 г.;

**Выпуск 2.** "Микропроцессорные программно-технические комплексы (ПТК) отечественных фирм", Версия 7, 2004 г.;

**Выпуск 3.** "Сетевые комплексы контроллеров зарубежных фирм на рынке СНГ", Версия 3, 2005 г.;

**Выпуск 4.** "Микропроцессорные распределенные системы управления на рынке СНГ", Версия 4. 2005 г.;

**Выпуск 5.** "Перспективные программные и технические средства автоматизации: их стандартизация, свойства, характеристики, эффективность эксплуатации", Версия 3, 2004 г.;

Конкурсный выбор средств и систем под конкретные требования:

"Методика проведения конкурса" с приложением программы "Вычисление общей ранжировки конкурсных заявок и анализ работы экспертов". Версия 2. 2004 г.

Справки по приобретению любой из перечисленных работ можно получить у Э.Л. Ицковича по тел. и факсу (095) 334-90-21, по E-mail: itskov@ipu.rssi.ru