



Описанная информационная технология может быть полезной в различных сферах деятельности (производственной, экономической, социальной, экологической и др.), поскольку она позволяет решать две основные задачи анализа и принятия решений в структурно-сложной ситуации, а именно:

- что в поведении системы, среды или других активных элементов явилось причиной аномалии? (задача идентификации);
- что произойдет с системой при изменении тех или иных параметров ее состояния или окружающей среды? (задача прогнозирования).

Рассмотренные задачи и алгоритмы их решения положены в основу процедур поддержки принятия решений по управлению качеством готовой продукции в технологической системе перерабатывающего предприятия агропромышленного комплекса [5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивашкин Ю. А.* Структурно-параметрические модели и алгоритмы идентификации аномальных состояний технологической системы // Вестн. Росс. акад. диалект.-систем. исслед. — 1998. — Вып. 2. — С. 18—28.
2. *Ивашкин Ю. А.* Матричный метод отображения оперативной информации // Приборы и системы управления. — 1970. — № 10. — С. 15—16.
3. *Ивашкин Ю. А.* Компьютерные технологии оптимальных решений в переработке биосырья // Докл. Третьей междунар. науч.-техн. конф. “Пища. Экология. Человек”, — М., 1999. — С. 99—105.
4. *Шатухин Л. Г.* Структурные матрицы и их применение для исследования систем. — М.: Машиностроение, 1991.
5. *Gordeeva Y. L., Ivashkin Y. A.* The informational technology of the quality control and the security of products // CHISA, 2002. — Praha, 2002.

☎ (095) 277-07-30

E-mail: [ivashkin@msaab.ru](mailto:ivashkin@msaab.ru)



УДК 681.325...2

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ

В. Г. Лебедев

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва*

Рассмотрена архитектура верхнего уровня интеллектуального интерфейса оператора, управляющего сложным аппаратно-программным комплексом, и функциональные особенности его основных модулей.

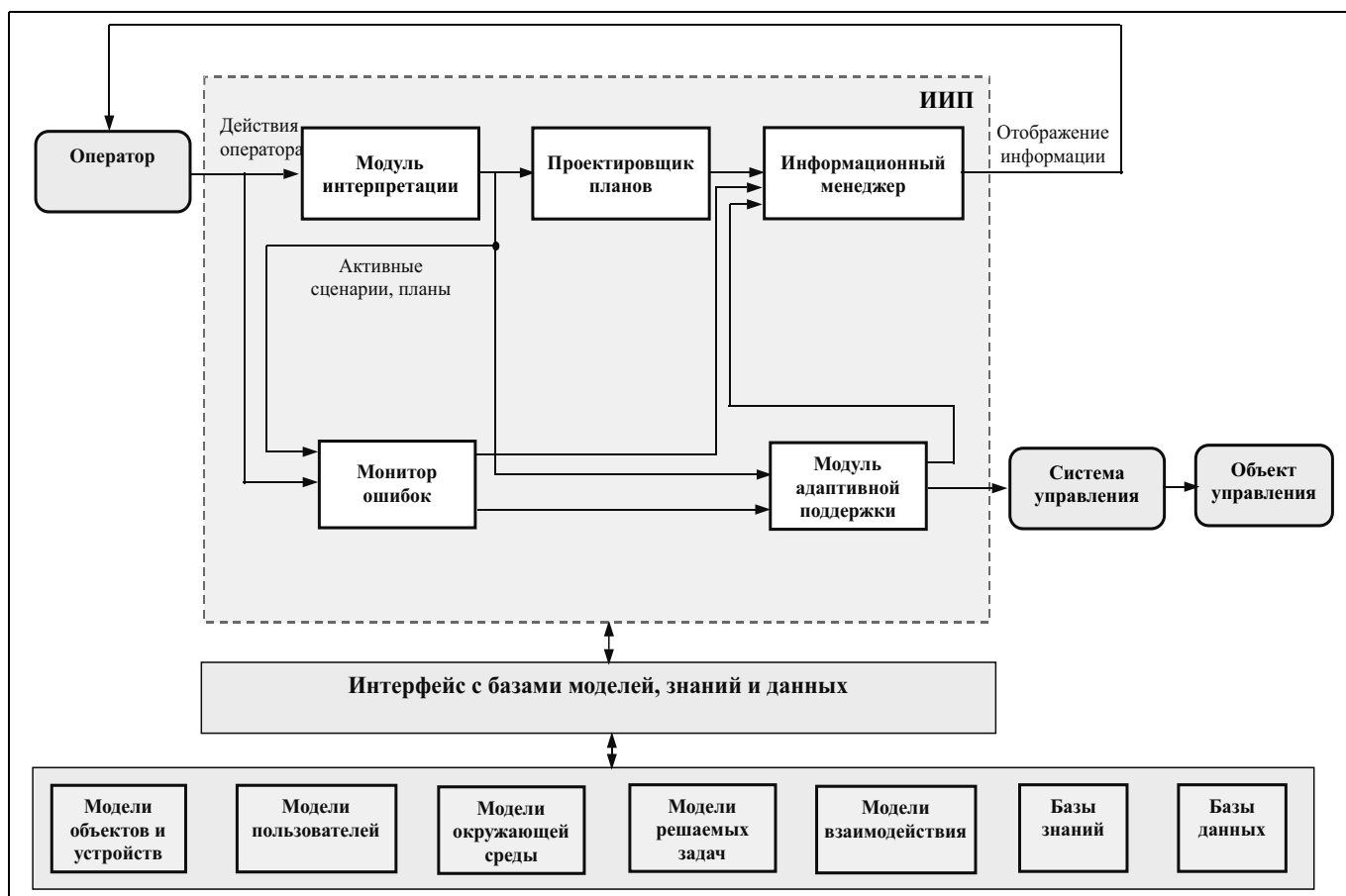
Будем рассматривать интеллектуальный интерфейс пользователя (ИИП) как составную часть системы поддержки принятия решений оператором (кратко — СПО), предназначенной для оказания помощи оператору (пользователю) в преодолении возникающих проблем при его взаимодействии со сложным аппаратно-программным комплексом путем расширения возможностей данного интерфейса по сравнению с традиционным графическим интерфейсом пользователя.

Эти возможности должны обеспечивать адаптивное к пользователю и решаемой задаче взаимодействие оператора с системой, диалоги между пользователем и системой, представление информации в интегрированном исчерпывающем виде.

Интеллектуальный интерфейс пользователя можно считать ключевым модулем СПО поскольку он отвечает за выбор и передачу информации от других модулей для её отображения, за задержку или удаление информации, а также за выполняющиеся действия от имени оператора, так как поддерживает собственные цели оператора как лица, принимающего решения.

Входная информация, модели и знания используются в ИИП для выяснения намерений оператора, и ответов, в частности, на вопросы:

- какую информацию необходимо представить оператору?
- какие задачи должны выполняться автоматически?



Архитектура верхнего уровня интеллектуального интерфейса пользователя

- какие действия или бездействие оператора ошибочны?

Для решения упомянутых задач предлагается структура ИИП, включающая в себя:

- *модуль интерпретации*, трактующий текущие планы оператора для описания его действий и поддержания активного графа целей, как модели намерений оператора;
- *монитор ошибок*, определяющий, имеют ли действия или бездействие оператора серьезные отрицательные последствия в контексте существующей ситуации;
- *модуль адаптивной поддержки*, использующий вектор состояния объекта управления (ОУ), и планы действий для определения задач, которые должны быть выполнены, и передачи соответствующих команд ОУ;
- *проектировщик планов*, объединяющий сформированные планы в предложения для оператора через информационного менеджера;
- *информационный менеджер*, представляющий предложения по планам от проектировщика планов, управляющий отображением информации и дающий оценки планов оператору в необходимое время и необходимым образом.

На рисунке представлена архитектура верхнего уровня ИИП. Рассмотрим функциональные особенности его модулей.

### МОДУЛЬ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

В этом модуле действия оператора (команды для изменения состояния ОУ) интерпретируются в терминах уровня целей — желательных состояниях ОУ или ситуаций и уровня планов — методов изменения состояния ОУ для получения желательного состояния.

Фактически все взаимосвязи между оператором и системой в современных СПО находятся на низком уровне абстракции — обычно через средства управления. Модуль интерпретации приводит к взаимодействию на более высоком уровне. Преимущества заключаются в том, что планы и цели оператора служат входом для моделей СПО, инициирующей соответствующие действия.

Модуль интерпретации является новой формой связи между оператором и ОУ. Единственное явное выражение намерений оператора в ИИП — через принятие или отклонение предложенных планов от проектировщика планов. Все другие выра-



жения намерений оператора поступают в ОУ неявно. Это не приводит ни к какой дополнительной нагрузке на оператора (т. е. оператор не сообщает своих намерений) и не вызывает никаких ограничений на действия оператора.

Неявная связь с проектировщиком планов также поддерживается с помощью интерпретации цели. В системах реального времени оператору легче выполнить шаги плана, сгенерированные системой в результате интерпретации цели. Результаты процесса интерпретации приводят к активизации планов и целей в модели цели, которые передаются оператору проектировщиком планов. Если оператор принимает предложение, активизируются планы и цели, которые были предложены проектировщиком планов. Оператор отвергает план, в частности, когда планы и цели, которые должны быть активизированы, взаимоисключающие с теми, которые в настоящее время преследуются. В любом случае об отклонении сообщается другим модулям ИИП.

Возможны две разновидности интерпретации — основанная на сценарии, которая используется для достаточно хорошо определённой последовательности действий, и основанная на плане, которая используется для менее структурированных действий.

Преимущество сценарной интерпретации заключается, прежде всего, в быстроте, так как не требуется никакого поиска (в отличие от интерпретации, основанной на плане). В процессе рассуждения, основанном на сценарии, используется набор предварительно заполненных процедурных представлений, называемых сценариями, чтобы найти объяснения действиям оператора. Сценарии представляют собой стереотипное поведение в данной ситуации.

Рассуждение, основанное на плане, используется для объяснения действий оператора при достижении одной из его целей. Для формирования заключения о намерениях используется база знаний, которая включает в себя два типа знаний: интерпретация и взаимное исключение.

Интерпретация знаний описывает условия, при которых дочерний план (или цель) может интерпретироваться как часть плана (или цели) родителя. Если гипотетические планы и цели не могут быть разработаны, то осуществляется обратный поиск и проверка другого набора. В противном случае гипотетические планы и цели становятся активными.

Далее используются знания о взаимном исключении, чтобы дезактивировать любые планы и цели, которые противоречивы по отношению к тому что активизированным планам и целям.

Сценарии, планы и цели широко применяются в СПО. В рамках ИИП они используются модулем адаптивной поддержки для помощи при решении задач управления объектом, информационным ме-

неджером для управления отображением, монитором ошибок для поиска контекста.

## МОНИТОР ОШИБОК

Данный модуль выявляет ошибки оператора с серьезными последствиями. Если такая ошибка обнаружена, монитор ошибок пытается сообщить об этом оператору, запрашивает модуль адаптивной поддержки, чтобы он выполнил сценарий корректировки ошибки оператора. Для автоматической корректировки ошибки монитор ошибок должен быть уполномочен на это оператором.

Цель монитора ошибок состоит в предотвращении последствий ошибки оператора, которая может привести к значительному ущербу, неудачной операции, потере ОУ и т. п. Он предназначен именно для предотвращения серьезных последствий ошибок, а не непосредственно ошибок. Его работа состоит из двух фаз.

На первой фазе монитор ошибок использует схему классификации ошибок, основанную на упущениях, повторениях, ошибочных операциях. Например, при выполнении последовательности действий операторы иногда пропускают, или повторяют шаги или выполняют шаги, не входящие в последовательность. Как только обнаружена ошибка этого типа, предсказываются последствия ошибочного действия.

На этой фазе монитор ошибок:

- может определить упущения, повторения или ошибки в последовательности выполнения сценариев;
- обеспечивает помощь после совершенного ошибочного действия с постепенным наращиванием предупреждений (поскольку ОУ переходит ближе к опасному состоянию);
- может обнаружить только процедурные ошибки вида, найденного в контрольных списках.

На второй фазе монитор ошибок отслеживает действия оператора и изменяет состояние в сети ошибок. Каждая сеть ошибок — конечный автомат, предназначенный для обнаружения некоторого типа серьезной ошибки. Действия оператора или изменение состояния ОУ могут привести к переходу от одного состояния в сети к другому. Когда ОУ перемещается ближе к опасному состоянию, повышается уровень реакции от общего отображения и предупреждения (через информационного менеджера) до управления (через адаптивную поддержку).

Действия оператора подвергаются последовательному анализу и, если не существует никакой опасной последовательности, то не производится никакой дальнейшей обработки действий с помощью монитора ошибок. Ошибочные действия в дальнейшем анализируются монитором ошибок, который пытается классифицировать упущения,

повторения, ошибки в последовательности шагов сценария. Эта классификация выполняется путем согласования ошибочных действий с шагами, которые уже завершены в каждом активном сценарии.

Монитор ошибок предсказывает действия оператора и определяет серьезность последствий для текущей ситуации и ситуации ближайшего времени.

Существует три уровня посредничества при контроле ошибок.

*Расширение отображения*, заставляющее оператора обнаруживать развивающуюся ошибку.

*Предупреждение*. Когда оператор не распознает ошибки и продолжает путь к серьезной ошибке, то его внимание может быть привлечено к ситуации путем изменения отображения с помощью различных типов представления (акустических, визуальных).

*Управление*. Когда предпринятые шаги не приводят к удаче или нет времени для любой другой постепенной меры посредничества, то для избежания возможной катастрофы монитор ошибок предлагает через модуль адаптивной поддержки осуществить управление объектом.

---

### МОДУЛЬ АДАПТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ

---

Адаптивная поддержка решает задачи автоматически по поручению оператора. Она помогает оператору, если он нуждается в поддержке при выполнении эксплуатационных требований, которые могут возникнуть в процессе управления.

Автоматизация большого количества технологически возможных задач имеет некоторые нежелательные для оператора побочные эффекты: оператор должен контролировать автоматику, ролью которой не всегда удовлетворен; когда оператор берет управление на себя, то существует период слабого управления объектом, пока оператор не привыкнет к действиям системы; автоматика может действовать непредсказуемо в некоторых состояниях ОУ и, таким образом, быть неуклюжей при управлении.

Адаптивная поддержка помогает оператору в следующих ситуациях:

- оператор слишком занят, чтобы выполнять ещё одну задачу;
- оператор желает автоматически выполнить некоторую задачу всякий раз, когда она уместна (т.е. когда она предлагается проектировщиком плана);
- оператор не способен управлять ОУ самостоятельно (по различным причинам);
- оператор совершает ошибку, которую сам не обнаруживает;
- угрожающая ситуация требует немедленного ответа.

Адаптивная поддержка может обеспечивать три формы помощи: преобразование, разделение и размещение.

Задача *преобразуется*, чтобы упростить ее для выполнения оператором. Например, модуль адаптивной поддержки может изменить отображение, чтобы высветить оптимальный рабочий диапазон некоторого параметра ОУ для помощи оператору при управлении этим параметром.

Задача может быть *разделена* для совместного решения с оператором. Здесь предполагается максимальное взаимодействие СПО с оператором.

Наконец, модуль адаптивной поддержки может *размещать* задачу для автоматического выполнения.

Решение любой задачи с помощью адаптивной поддержки требует модели взаимодействия с оператором, способствующей повышению качества принимаемых решений.

---

### ПРОЕКТИРОВЩИК ПЛАНОВ

---

Данный модуль служит для расположения планов по приоритетам и представления предложений планов оператору. В нем фильтруются различные входящие предложения и представляются оператору. Он также отмечает принятые и отвергнутые предложения.

Проектировщик планов посылает предложения информационному менеджеру, принимая во внимание выбор времени, уместность по отношению к другим действиям и пр. Предложения посылаются упорядоченным образом, связывая планы общей целью и с планом более высокого уровня.

Если оператор принимает предложение, проектировщик планов соединяется со всеми связанными подсистемами, чтобы они могли выполнить необходимые функции.

Проектировщик планов объединяет отдельные тактики, поручения и планы в последовательные предложения от информационного менеджера к оператору. Такое объединение очень важно для оператора, так как трудно понять важность и значение плана, если он не представлен с достаточным контекстом. Проектировщик планов собирает различные аспекты предложений плана вместе и представляет их оператору как одну идею.

Проектировщик планов предполагает, что оператор занимается планированием параллельно с ним. Поэтому окончательная цель проектировщика планов заключается в представлении планов, которые отражают собственные планы оператора, но более уточненные по сравнению с ними, возможно, оптимальные.

Проектировщик планов синтезирует поток планов, каждый из которых должен быть принят или отклонен. Атрибуты плана содержат внутреннее имя плана (например, используемая ракета) и не-



которую уместную информацию относительно плана (например, против объекта  $N$ ). Планы могут быть групповые, учитывающие, например, группы летательных аппаратов, их маневры, вооружение и др.

План выбирается с помощью базы знаний, которая ведет проектировщика планов. Например, проектировщик планов должен иметь глубокие знания о механизмах управления, знания о семантических взаимосвязях среди планов и др.

Оператору необходимо, чтобы проектировщик планов предложил планы следующим образом:

- своевременно;
- с соответствующей скоростью, которая может быть воспринята;
- в форме, которая может быть с готовностью принята;
- в интерактивном режиме, но предоставляя оператору управление;
- способом, который позволяет исследовать альтернативы.

Это поведение на верхнем уровне транслируется в следующие требования к проектировщику планов:

- обеспечить интерфейс, основанный на графе “план — цель”, через который планировщик сможет выдавать предложения;
- выдвигать предложения информационному менеджеру с характеристиками, понятными оператору;
- позволять критическим предложениям выгружать не критические предложения;
- обеспечить механизм принятия и отклонения предложений, поддерживающий как явные (через оператора), так и неявные (через вывод заключений для поддержки оператора) принятие и отклонение;
- сообщать другим блокам СПО о принятии или отклонении предложений;
- обеспечить механизм, позволяющий оператору исследовать альтернативы для начальных и модифицированных предложений (например, маршрут нарушений) до их принятия.

Проектировщик планов служит интерфейсом между модулем интерпретации и информационным менеджером. Сгенерированные планы представляются оператору, который принимает или отвергает их явно; в частности, предложения отвергаются, если их реализация не укладывается по времени.

### ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖЕР

Преимущество автоматизированного информационного менеджера заключается в том, что оператор может явно не управлять отображением для анализа информации. Информационный менеджер расширяет ситуационное понимание оператора, предъявляя более эффективные решения оператору

с требуемой информацией. Это поддерживает оператора, получающего своевременную разумную информацию в легко интерпретируемом виде. При этом информация, не соответствующая планам ближайшего времени и текущей ситуации, не отображается.

Информационный менеджер:

- всегда показывает, что требует оператор;
- сокращает нагрузку на оператора, конфигурируя средства управления отображением автоматически;
- обеспечивает оператора информацией, которая ему необходима для завершения планов;
- подготавливает оператора к будущим событиям;
- представляет сформированные планы оператору.

Как только информационные требования становятся полностью известными, информационному менеджеру необходимо выбрать средства отображения, чтобы выполнить эти требования. Выбор отображений является задачей планирования по распределению и расположению. Распределение заключается в определении размера пространства для каждой части информации и предполагает определение позиции расположения информации относительно некоторых устройств отображения. В вычислительном отношении решение проблемы распределения и расположения требует больших затрат, так как много возможных конфигураций необходимо исследовать для поиска оптимальной конфигурации.

Информационный менеджер состоит из двух блоков: сборщика требований и распределителя устройств отображения. Первый из них собирает информационные требования от источников (планов и событий) и сортирует их по важности. Одинаковые требования, относящиеся к одной и той же информации, объединяются. Второй анализирует информационные требования в текущий момент времени и распределяет ресурсы средств отображения. Данный блок принимает ряд решений: что отображать, какую информацию выделить, какие средства отображения использовать (аудио, видео, текст, графика), какие использовать атрибуты (цвет, размер, интонация) и т. д.

Информационный менеджер — один из наиболее важных модулей в ИИП. Это связано с ответственностью за любую ошибку в выборе средства отображения. Точное рассмотрение выбора средств отображения — довольно трудная задача. Проектировать информационный менеджер легче, когда оператор не вмешивается в процесс отображения информации. Полностью автоматическое формирование информации проще, но необходимо помнить, что оператор должен всегда иметь возможность вмешаться в работу СПО.

☎ (095) 334-92-31

E-mail: valya@ipu.ru

