

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ КАУЗАЛЬНЫХ МНЕМОСХЕМ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Гучук В.В

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,  
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65  
polma@bk.ru

*Аннотация: В интерактивных системах управления сложными динамическими объектами человек-оператор должен иметь полное представление о состоянии управляемых объектов. Это огромный объем быстроменяющихся данных. В то же время надо обеспечить возможность адекватного восприятия человеком представленной информации для принятия осознанных и эффективных управляющих действий, чтобы заранее предпринять меры для возможного предотвращения возникновения нештатных или аварийных ситуаций. В работе описываются особенности технологии разработки нового класса представлений – каузальных мнемосхем. Затрагиваются сопутствующие вопросы интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств.*

Ключевые слова: система управления, человек-оператор, визуализация, каузальная мнемосхема, нештатная ситуация.

### **Введение**

При создании интерактивных систем мониторинга и управления сложными научно-техническими объектами одной из важнейших является задача разработки механизмов предотвращения нештатных и аварийных ситуаций [1]. Во многих таких объектах время между явным проявлением скатывания управляемого объекта в нештатный режим и началом неуправляемого развития аварии бывает настолько мало, что ситуацию уже невозможно выправить никаким образом. Одним из путей решения проблемы является своевременная перестройка системы управления, а именно упреждающая критериальная адаптация, предложенная автором в [2]. Упреждающая критериальная адаптация – это ситуационно-контекстная настройка системы управления для наиболее эффективного реагирования на возникающую ситуацию в управляемом объекте, включающая в себя актуализацию необходимых алгоритмов выхода из конкретной нештатной ситуации, освобождение системы прерывания для возможности оперативного реагирования на сигналы о развитии нештатной ситуации, корректировку пороговых значений определяющих параметров для более раннего

обнаружения разладки и т.п. Процессы, протекающие в новых разрабатываемых научно-технических объектах, часто бывают не полностью изучены и не должным образом формализованы. Поэтому, помимо соответствующего конструирования алгоритмов управления, следует обеспечить полноценное участие человека-оператора в процессе управления. Одним из инструментов визуальной поддержки, который может способствовать оперативному оцениванию ситуации человеком-оператором, являются мнемосхемы [3]. Мнемосхема представляет собой наглядное графическое изображение функциональной схемы управляемого или контролируемого объекта, оформленное в виде структуры символов, отображающих элементы системы (или процесса) с их взаимными связями. Мнемосхемы помогают оператору, работающему в условиях большого количества поступающей информации, облегчить процесс информационного поиска, подчинив его определенной логике, порождаемой реальными связями параметров исследуемого объекта. В работе [4] предложен новый класс представлений – каузальные мнемосхемы, которые расширяют возможности обычных мнемосхем. Каузальные мнемосхемы являются именно тем инструментарием, который дает возможность человеку-оператору получить развернутое и детальное представление о состоянии управляемого объекта, выявить первопричину возникновения нештатной ситуации, оценить масштаб происходящего события и определить возможность его локализации, предпринять осознанные действия по предотвращению развития нештатной или аварийной ситуации.

### 1. Каузальные мнемосхемы

Каузальные мнемосхемы предназначены для отображения не столько элементов системы, сколько взаимосвязи процессов, протекающих в ней, причинно-следственной картины наблюдаемых событий, взаимоувязанных реакций подсистем на управляющие воздействия, отображения динамики распределения напряженности узлов и агрегатов и т.п. Каузальные мнемосхемы могут быть использованы как инструментарий для организации встречного логико-иерархического анализа ситуации, предложенного в [5], в котором параллельно осуществляются два иерархических процесса. На верхнем уровне (гипотетическом, огрубленном) анализируется связь макроявления (например, значение базового, определяющего показателя) с наиболее вероятными порождающими причинами. Далее – подтверждение на более низком уровне каждого из выбранных вариантов потенциально возможными причинами, например, происходящими процессами в подсистемах, описанных измеряемыми параметрами. На нижнем уровне – выделение по измеряемым параметрам не совсем нормативно протекающих процессов в подсистемах, а на более высоком уровне проверка влияния этих процессов на смежные (непосредственно связанные) подсистемы и далее определение возможного участия всего предыдущего в наблюдаемом макроявлении. В определенном смысле элементы такого анализа реализуются при работе человека-оператора в уже существующих системах. Основное отличие в том, что для большей эффективности с помощью каузальных мнемосхем осуществляется визуальная поддержка такого анализа, что предположительно позволит проводить его более содержательно и оперативно. Рис. 1 иллюстрирует такого типа представление.

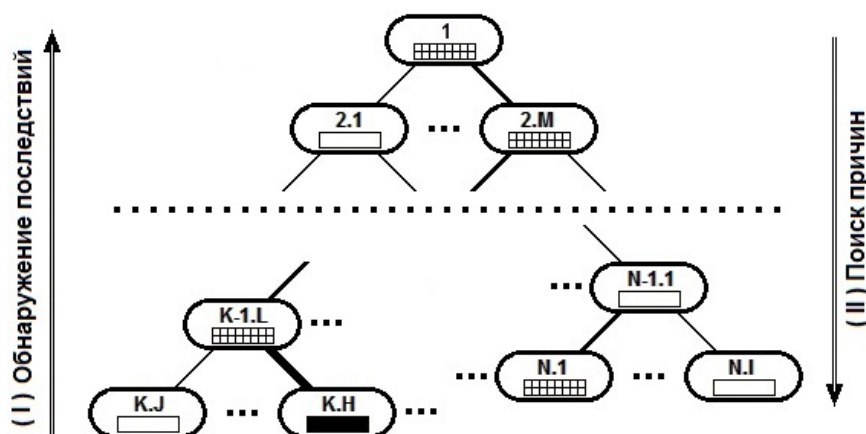


Рис. 1. Обобщенная каузальная мнемосхема для визуальной поддержки встречного логико-иерархического анализа

На рисунке степень затемнения прямоугольника в каждом элементе схемы (который будем именовать пиктограммой) соответствует степени “неблагополучия” или отступления от нормы соответствующего элемента. Толщина связующих линий – степень актуальности этой связи. Номер перед точкой - номер уровня в иерархии, а после точки – порядковый номер на данном уровне (для

человека-оператора вместо номеров отображаются наименования пиктограмм – процессов, узлов, явлений и т.д.). В реальности используется более широкий ассортимент средств, включая числовые данные, цветовые метки и т.п. При нисходящем анализе (II), т.е. при переходе от вышележащего уровня вниз, осуществляется “поиск причин”. В противном случае (I) производится “обнаружение последствий”. Анализируемая иерархия может быть функциональной (например, по выполняемым функциям с подчиненными связями) или построенной на основе причинно-следственных связей разной степени интегрированности, или композиционно-декомпозиционной с упорядочиванием типа “система – подсистема – блок – субблок...”.

При анализе “сверху” осуществляется поиск причины произошедшего системного события, а при анализе “снизу” производится попытка обнаружения последствий локальных нарушений. Использование одновременного двунаправленного иерархического построения анализа производится с целью обеспечить более успешную диагностику системы. Если произошла “встреча” анализа “сверху” и анализа “снизу” - физически (геометрически, логически) совпали результаты этих анализов, то получается однозначное решение, и оно достаточно обоснованное. Если “встречи” не произошло, необходим содержательный и неформальный перекрестный анализ, который может осуществить только человек. В общем случае представленная структура иерархических взаимодействий может быть неполной, или не совсем адекватно отображать реальные процессы, и есть некоторая надежда, что интеллект человека-оператора может нивелировать эти недостатки. Конкретная реализация может быть совершенно иной, причем, может быть и несколько визуализированных структур для разных типов описания системы [5]. Необходимо подчеркнуть важность именно идеи такого представления, которое направлено на создание условий для возможности оперативного оценивания ситуации человеком-оператором без необходимости рассматривать целое семейство визуализаций параметров, порознь представленных на экране АРМа оператора. При построении каузальных мнемосхем следует использовать экспертные технологии, поскольку пока не существует достаточно отработанных рекомендаций. Целесообразно также учитывать те принципы, которые положены в основу построения обычных мнемосхем, поскольку на каузальные мнемосхемы возлагаются весьма сходные задачи. Один из основных - принцип лаконичности, согласно которому мнемосхема должна быть простой, не должна содержать лишних, затемняющих элементов, а отображаемая информация должна быть четкой, конкретной и краткой, удобной для восприятия и дальнейшей переработки. Принцип обобщения и унификации предусматривает требование, согласно которому надо выделять и использовать наиболее существенные особенности управляемых объектов, т.е. на мнемосхеме не следует применять элементы, обозначающие несущественные конструктивные особенности системы. Согласно принципу акцента к элементам контроля и управления на мнемосхемах в первую очередь необходимо выделять размерами, формой или цветом элементы, наиболее существенные для оценки состояния, принятия решения и воздействия на управляемый объект. Принцип автономности предусматривает необходимость обособления друг от друга участков мнемосхемы, соответствующих автономно контролируемым и управляемым объектам и агрегатам. Эти обособленные участки должны быть четко отграничены от других и согласно принципу структурности должны иметь завершенную, легко запоминающуюся и отличающуюся от других структуру. Принцип использования привычных ассоциаций и стереотипов предполагает применение на мнемосхемах таких условных обозначений параметров, которые ассоциируют с общепринятыми буквенными обозначениями этих параметров. Требования, предъявляемые к мнемосхемам, должны предъявляться и к каузальным мнемосхемам. Каузальная мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы оператору для контроля и управления объектом. Отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой, цветом или другими способами. Форма и размеры панелей мнемосхемы должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов. Как и при проектировании обычных мнемосхем, необходимо исследовать несколько вариантов структуры каузальных мнемосхем, видов используемых в них пиктограмм, типов визуализации проявления нештатной опасности и т.д. Оптимальный вариант выбирается экспериментальным путем (путем моделирования на компьютере деятельности оператора с различными вариантами каузальной мнемосхемы). Критериями оценки, как и в других подобных исследованиях, служат время решения задач и число допущенных ошибок.

В работе затронуто несколько определяющих аспектов интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств для систем мониторинга и управления сложными динамическими объектами. Описана организация визуальной поддержки

логического анализа ситуации человеком-оператором на основе каузальных мнемосхем. Приведены основные принципы, которыми следует руководствоваться для создания такой поддержки. Отдельные предложенные решения были использованы при разработке конкретной системы [2].

## **Литература**

1. Бигус Г.Ф., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И. Диагностика технических устройств. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 615 с.
2. Гучук В.В. Интерфейсное обустройство принятия управленческих решений при испытании сложных научно-технических объектов / Proceeding of the 2nd International Conference "Information Technologies for Intelligent Decision Making Support". Ufa: Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, 2014. Volume 1. С. 118-124.
3. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации ТУСУР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm>.
4. Гучук В.В. Особенности визуализации для технологии упреждающей критериальной адаптации // Приволжский научный вестник. 2015. № 3-1. С. 36-38.
5. Гучук В.В. Эргономические аспекты визуализации информационных параметров в системах контроля и управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 2. С. 81-84.