DOI: 10.17117/na.2016.11.02.094

Поступила (Received): 15.11.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.094.pdf>**Гучук В.В.****Технологические вопросы разработки и применения
каузальных мнемосхем в интерактивных системах
контроля и управления****Guchuk V.V.****Technological questions of development and application of causal
symbolic circuits in interactive control and management systems**

Для полного представления о состоянии сложных научно-технических объектов в интерактивных системах управления необходимо представлять человеку-оператору огромный объем быстроменяющихся данных. При этом надо обеспечить возможность адекватного восприятия человеком представленной информации для принятия осознанных и эффективных управляющих действий. В работе предлагается новый класс представлений, способствующий решению обозначенной проблемы

Ключевые слова: каузальная мнемосхема, мониторинг и управление, логико-иерархический анализ, визуальная поддержка

Гучук Владимир Всеволодович

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт проблем управления им. В.А.

Трапезникова РАН

г. Москва, ул. Профсоюзная, 65

For complete idea of a condition of difficult scientific and technical objects in interactive management systems it is necessary to represent to the person operator huge amount of rapidly changing data. At the same time it is necessary to provide a possibility of adequate perception by the person of the provided information for acceptance of conscious and effective managing actions. In work the new class of representations promoting the solution of the designated problem is offered

Key words: causal symbolic circuit, monitoring and management, logiko-hierarchical analysis, visual support

Guchuk Vladimir Vsevolodovich

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Institute of control sciences named V.A. Trapeznikov

RAS

Moscow, Profsoyuznaya st., 65

Организация полноценного участия человека-оператора в процессе контроля и управления сложными динамическими объектами в интерактивных системах – важнейшая задача, стоящая перед разработчиками таких систем. Необходимо создать такую визуализацию, которая даст достаточно полное представление о состоянии управляемого объекта, и в то же время позволит человеку-оператору адекватно воспринимать представленную информацию и принимать осознанные и правильные действия.

Одним из инструментов визуальной поддержки, который может способствовать оперативному оцениванию ситуации человеком-оператором, являются мнемосхемы [1]. 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. Она – источник информации о текущем состоянии системы, характере и структуре протекающих в ней процессов, в том числе связанных с нарушением технологических режимов, нештатными ситуациями и т.п. В основу построения мнемосхем положены принципы, выработанные в процессе многолетней практики их применения. 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 [2] 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. 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 [3], 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

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 двуправленного 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 [3]. 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.

Предложенные в работе решения коррелируют с известными технологиями, такими, как FAST (Functional Analysis System Technique), диаграмма Fishbone (Kaoru Ishikawa) и т.д. [4]. Вообще, тематика, в контексте которой предложен новый класс представлений – каузальные мнемосхемы, имеет давнюю и разностороннюю историю [5-8]. При разработке каузальных мнемосхем для решения конкретных задач целесообразно использовать накопленный опыт решения схожих задач.

Основой организации диагностических исследований должны служить принципы, реализация которых позволит обеспечить повышение эффективности проводимых работ. К их числу относятся принцип ключевого звена, принцип системности, принцип причинно-следственного соответствия [6].

В основе построения каузальных мнемосхем лежит причинно-следственный анализ. Как известно, причинная зависимость – это связь явлений, одно из которых порождает другое. Приведем основные логические методы причинно-следственного анализа, которые тесно взаимосвязаны. **Метод исключения.** Суть этого метода заключается в том, что, анализируя сложный комплекс причинно-следственных отношений, можно обнаружить непосредственную причину путем исключения всех предполагаемых обстоятельств (реально не влияющих, хотя и присутствующих), способных вызвать сходные события, кроме одного фактора, который после тщательной проверки и принимается за причину изучаемого явления. **Метод сходства.** Сущность этого метода сводится к следующему: если наблюдаемое событие возникает в различных обстоятельствах, но при наличии одного общего фактора, то этот фактор и есть причина происходящего. Используя данный метод, можно изучить разные условия возникновения одного и того же события и вычислить из них один и тот же общий фактор, вызывающий это явление. С определенной долей вероятности можно утверждать, что этот фактор и есть причина, интересующая аналитика. **Метод одного различия.** Метод сводится к сопоставлению случая, когда интересующее событие наступает, со случаем, когда оно не наступает. В обоих случаях должны быть одни и те же условия, за исключением одного, которое в одном из случаев отсутствует. Иначе говоря – если в одних и тех же обстоятельствах при наличии какого-то фактора событие наступает, а при его отсутствии исследуемое явление не происходит, то этот фактор и есть причина изучаемого явления. Принципы и методы в основном были сформулированы еще в таких работах, как [6]. Затем они уточнялись и совершенствовались (см. [7,8]). Существует множество подходов к решению выше сформулированных задач. Например, в [5] предложен метод построения моделей для представления, анализа и синтеза взаимосвязей и взаимодействий разнородных процессов в сложных системах. В основу положена формализация причинно-следственных связей в структуре системы с использованием теории синтеза дискретных детерминированных систем. Для описания структуры системы используются звенья причинно-следственных связей, структура которых включает в себя блок причины, состоящий из причины и условия реализации причинно-следственной связи, и блок следствия, образованный следствием и условием, возникающим после реализации связи. Учитываются имеющиеся в системе информационные и материальные ресурсы

(инструкции, запасы материалов и энергии), а также конгломерат внешних воздействий. Приведенные принципы и методы имеют общий характер. Тем не менее, каждая новая практическая задача требует переосмысления имеющегося опыта и разработки достаточно специализированного инструментария, в арсенале которого каузальные мнемосхемы могут занимать вполне достойное место.

В работе затронуто несколько определяющих аспектов интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств для систем мониторинга и управления сложными динамическими объектами. Отдельные предложенные решения были использованы при разработке конкретной системы [9].

Список используемых источников:

1. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации ТУСУР. URL: <http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm>
2. Гучук В.В. Особенности визуализации для технологии упреждающей критериальной адаптации // Приволжский научный вестник. 2015. № 3-1. С. 36-38.
3. Гучук В.В. Эргономические аспекты визуализации информационных параметров в системах контроля и управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 2. С. 81-84.
4. Илларионов А.В., Клименко Э.Ю., Неизвестный С.И. Самоучитель топ-менеджера. М.: Альпина Паблишер, 2013. 648 с.
5. Резчиков А.Ф., Твердохлебов В.А. Причинно-следственные комплексы как модели процессов в сложных системах // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 7. С. 2-8.
6. Карибский В.В., Пархоменко П.П., Согомонян Е.С., Халчев В.Ф. Основы технической диагностики. М.: Энергия. 1976. Кн. 1. 464 с.
7. Меньшиков В.А., Рудаков В.Б., Сычев В.Н. Контроль качества космических аппаратов при отработке и производстве. М.: Машиностроение, 2009. 400 с.
8. Бигус Г.Ф., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И. Диагностика технических устройств. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 615 с.
9. Гучук В.В. Проектирование человеко-машинного интерфейса для систем испытания сложных научно-технических объектов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. №12. С. 68-75.

© 2016, Гучук В.В.

Технологические вопросы разработки и применения каузальных мнемосхем в интерактивных системах контроля и управления

© 2016, Guchuk V.V.

Technological questions of development and application of causal symbolic circuits in interactive control and management systems