



OSTIS-2011

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.89:004.4

SMARTCOBORGSYSTEMS

В.И. Соловьев (sicwl@newmail.ru)

*Научно-Инженерный Центр Ассоциации содействия Всемирной Лаборатории,
г. Москва, Россия*

В статье рассмотрены вопросы разработки и применения интеллектуальных систем диагностирования и управления сложными организованными объектами, представляемые как объекты, обладающие свойствами живого организма.

Ключевые слова: внутреннее состояние объекта, коборг, симптомы расстройства, параметрическое, координатное и симптоматическое управления.

Учитывая многолетний опыт разработки и внедрения интеллектуальных систем оперативного управления технологическими агрегатами и бизнес-процессами на предприятиях черной и цветной металлургии [Буряков М.В. и др., 2000], [Павлова Е.А. и др., 2004], [Соловьев В.И. и др., 2004], [Соловьев В.И. и др., 2006] целесообразно представить основные соображения об **универсальности** применяемого подхода для управления сложными организованными объектами. Под сложными организованными объектами, в общем случае, будет пониматься некоторое организованное единство всех согласованно действующих в них процессов, органов, систем или функциональных узлов, не относящиеся к животному или растительному миру, но обладающие основными свойствами живых организмов. Такие объекты названы нами “Коборгами” - Coborgs (complicated organized objects), а системы управления ими - SmartCoborgSystems.

К коборгам относятся все организованные объекты в технической, экономической, административной, военной, медицинской, образовательной и прочих областях деятельности человеческого общества. К техно-коборгам относятся, например: транспортные средства, состоящие из косновных узлов (моторного, ходового, электрического и безопасности); металлургические и другие агрегаты, характеризующиеся совокупностью происходящих в них газодинамических, тепловых и химических процессов и т.д. Бизнес-коборги компаний, предприятий и пр. представляются совокупностью производственной, коммерческой и финансовой видами деятельности. В свою очередь, например, финансовая деятельность определяется совокупностью следующих основных функциональных компонентов: ликвидностью; рентабельностью; финансовой устойчивостью; деловой активностью. Очевидно, что коборги более высокого порядка могут объединяться с соответствующими коборгами более низкого порядка, образуя древовидную структуру любой сложности. Основное назначение коборга - наиболее эффективное выполнение функций, заложенных при его создании, развитии, зрелости и старения, т.е. на всех стадиях жизненного цикла организованного объекта.

Определяющим свойством любого организма, в том числе коборга, является его состояние, которое описывается определенным числом внутренних параметров состояния (ВПС). Внутренними параметрами состояния являются, например, давление и уровень моторного масла, температура охлаждающей жидкости и пр. в транспортных средствах; скорость движения шихты, газодинамические (расход и давление дутья) и температурные параметры в

доменном процессе; финансовые обязательства, поступление и расходование средств, реализации продукции и услуг, рентабельность, платежеспособность, ликвидность, финансовая устойчивость и др. в финансово-экономической деятельности компании или предприятия.

Текущие значения и характер изменения этих параметров отражают состояние и определяют результат деятельности или функционирования сложного объекта. При непрерывном диагностировании состояния коборга можно с достаточной вероятностью предсказать (прогнозировать) величину приближения или удаления от поставленной цели. Очевидно, что независимо от природы коборга его эффективное функционирование возможно тогда, когда он находится в нормальном состоянии. Нормальное состояние коборга, соответствующее достижению или приближению к поставленной цели (целевой функции), обеспечивается в случае, когда его основные ВПС находятся в заданных интервалах. Интервалы нормального состояния определяются на каждой стадии жизненного цикла коборга в виде различных проектных нормативов, заданных диапазонов и траекторий, предельно допустимых минимальных или максимальных величин, обеспечивающих оптимальную эффективность его функционирования. Под функциональным расстройством или нежелательным изменением состояния коборга будем понимать нарушение нормального функционирования какого-либо процесса, органа, узла или какой-либо системы, входящих в состав этого коборга, носящее периодический или постоянный характер. Как правило, расстройство организма связано с закономерным сочетанием и развитием симптомов расстройства или заболевания. В коборгах используются так называемые объективные симптомы, диагностируемые (наблюдаемые) в процессе его обследования в реальном или псевдореальном времени. Симптом расстройства представляет собой устойчивое отклонение текущего значения ВПС коборга от заданного диапазона под влиянием возмущений. Добавим, что полезную информацию о дополнительных характеристиках симптома (устойчивость тренда, максимальная амплитуда, скорость нарастания и др.) можно извлекать на всем диапазоне текущего изменения ВПС. Функциональным расстройством Q будем называть аномальное состояние объекта, характеризующееся определенной симптоматикой, т.е. набором признаков $\{\pi_i(Q)\}$, в совокупности определяющих классифицирующую функцию данного расстройства $W(Q)$. В контексте определения $W(Q)$ - это логическая функция на множестве переменных состояния и признаков (симптомов), зависящих от вида расстройства $\{\pi_i(Q), i = 1, 2, \dots, I(Q)\}$. В задачах, связанных с диагностированием текущего состояния объекта, такими признаками чаще всего являются выход отдельного показателя y_j за рамки области допустимых значений $\Omega_j(Q)$, например:

$$\pi_i(Q) = 0 \text{ если } y_j \in \Omega_j(Q) \text{ и } \pi_i(Q) = 1 \text{ если } y_j \notin \Omega_j(Q) \quad (1)$$

Аналогично можно определить признаки и на совокупности контролируемых ВПС объекта. Симптомы могут формулироваться на основе агрегирования переменных, дисперсионных и иных оценок. Если интересуют тренды показателей, то для определения симптома используют динамические модели и различные прогнозные схемы. Последние особенно актуальны для ранней диагностики расстройств, выявления наиболее информативных переменных состояния и надежных симптомов. Чаще всего при симптомах типа (1) классифицирующая функция $W(Q)$ представляет собой дизъюнктивную форму, соответствующую одновременному проявлению всех признаков расстройства:

$$W(Q) = \bigwedge_{i \in I(Q)} \pi_i(Q). \quad (2)$$

Однако, реальная конструкция функции $W(\{\pi_i(Q)\})$ значительно сложнее. Она может включать разнообразные вычисления, использовать пороговые функции, сложные логические выводы и др. В рамках приведенных представлений функциональные расстройства непосредственно связаны с конкретным контролируемым объектом или системой и не существуют в отрыве от них. В силу специфики каждого объекта управления список выявленных расстройств $\{Q_j\}$ носит во многом субъективный характер. Он включает не только типовые, но и вновь выявленные и идентифицированные расстройства в процессе проектирования, практической работы и обобщения опыта в различных областях деятельности. В этом смысле список расстройств, так же как и переменных состояния объекта, имеет прецедентный характер. Нормальные режимы работы, которые также могут быть аналогично расклассифицированы по признакам, являются естественным дополнением к первому списку. Каждому состоянию в рамках общей классификации может быть поставлен в соответствие набор существенных переменных $\{y_j(Q)\}$, отличительных признаков $\{\pi_i(Q)\}$ и правило идентификации в форме классифицирующей функции $W(Q)$. Построенная таким образом общая классификация состояний, является основой для практического построения интеллектуальных систем оперативного диагностирования и управления сложными организованными объектами. Основываясь на приведенных представлениях, можно сформулировать основную концепцию интеллектуального управления коборгами (SmartCoborgSystems). Суть ее заключается в раннем обнаружении возможных расстройств или нежелательного изменения состояния коборга на любом этапе его жизненного цикла, выявлении возможных причин расстройств и принятии своевременных мер по ликвидации этих расстройств или нежелательных изменений. Отметим, что управление по состоянию сложного организованного объекта является наиболее эффективным, так как независимо от природы возмущений (внутренние, внешние, контролируемые, неконтролируемые или их совокупность), они, прежде всего, влияют на изменение внутренних параметров состояния коборга.

Для качественного диагностирования состояния объектно-ориентированных коборгов различной сложности существенной проблемой является создание и использование специальной терминологии расстройств и заболеваний, который применительно к рассматриваемым областям деятельности носит в основном прецедентный характер. В этом отношении только в медицине существуют не только понятия общего расстройства функционирования отдельных органов (сердца, желудка, печени, кроветворения и др.) или систем (сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной, опорно-двигательной и др.), но и создана достаточно определенная терминология конкретных заболеваний этих органов и систем (гипертония, рак, ишемия, катары и т.д.).

Объектно-ориентированная терминология расстройств и заболеваний нередко используется при диагностировании состояния технических агрегатов и технологических процессов. Здесь сошлемся на металлургические шахтные печи, в которых нарушения технологического процесса описываются такими терминами расстройства, как периферийный, канальный, центральный, горячий, холодный ход печи. Расстройство агломерационного процесса определяют терминами “недопекание” или “перепекание” шихты при ее спекании на агломерационных машинах. Разработанные и внедренные нами техно-SmartCoborgSystems в доменном и агломерационном производствах, используют общепринятую терминологию расстройств технологических процессов [Соловьев В.И. и др., 2005].

Что касается бизнес-деятельности фирм, компаний, предприятий, представляющих области производства, коммерции, экономики и финансов, то здесь, в связи со слабым использованием методов диагностирования при управлении бизнес-процессами, практически отсутствует собственная терминология расстройств и заболеваний. Все это не способствует улучшению качества принимаемых менеджерами компании оперативных управленческих

решений. Разработанные нами бизнес-SmartCoborgSystems позволяют диагностировать состояние бизнес-коборга по текущему значению и тренду кривой вероятности развития расстройства с принятием решения о принадлежности к заранее определенному терму состояния типа: “нормальное”, “удовлетворительное”, “неудовлетворительное”, “устойчивое”, “неустойчивое”, “критическое”, “хорошее”, “кризисное” и т.д. Это позволяет оперативно оценивать как текущее состояние “здоровья” бизнес-коборга в целом, так и его отдельных органов. Очевидно, что для коборгов, не имеющей своей собственной терминологии расстройств и заболеваний, эти приемы нечеткой логики при оперативном диагностировании состояния остаются пока единственным решением.

На рисунке 1 представлена общая блок-схема интеллектуальной системы управления SmartCoborgSystem. Здесь приведены основные типовые алгоритмические блоки, используемые при создании SmartCoborgSystem различного назначения. Зк, Зр, Зд- блоки задания значений соответственно управляемой выходной координаты (целевой функции) Y коборга, внутренних параметров состояния коборга S и блока задания допустимой ошибки управления. КР - координатный регулятор, в качестве которого в зависимости от назначения коборга может использоваться, например, комбинированный регулятор с прогнозирующей моделью или человек (оператор, менеджер, командир, руководитель учреждения и т.п.). Контур параметрического управления включает блок диагностирования текущего внутреннего состояния коборга ДСК, последовательно включенный блок экстраполяции БЭ и формирователь параметрических воздействий ФП. V - контролируемые параметрические возмущения. При практическом создании интеллектуальных систем диагностирования состояния технологических агрегатов и бизнес-процессов в блоке ДСК используется математический аппарат нечеткой логики и, в частности, процедура MYCIN для представления и обработки ненадежных знаний [Shortliffe E. H., 1976], [Уэно Х. и др., 1989]. Эта процедура позволяет осуществлять непрерывную количественную оценку соответствующего расстройства или изменения состояния коборга по текущему значению коэффициента уверенности вывода. База знаний SmartCoborgSystems представлена “коллективным экспертом”, содержащего в себе некую совокупность знаний, извлекаемых из прикладных трудов предметной области, технологических и других инструкций и регламентов, типовых положений и правил, стандартов, знаний экспертов и др. В качестве экстраполятора БЭ может быть использованы реальные форсирующие звенья или прогнозаторы скользящего среднего с учетом тенденции. Блок ИК координатных U_k и блок ИП параметрических U_p управляющих воздействий представляются соответственно исполнительными механизмами в технических приложениях или исполнительными структурами в других областях деятельности. Симптоматический регулятор СР использует ПИ-закон регулирования и предназначен для формирования симптоматического управляющего воздействия U_s при выявлении расстройства коборга и превышении предельно допустимой ошибки управления Δu выше установленного значения. U_s действует до момента реализации U_p по ликвидации причины расстройства функционирования коборга или при кратковременных расстройствах без выявления причин. $C1, C2, C3$ - блоки сравнения, Σ - сумматор.

При выборе базовой формальной спецификации, пригодной для описания произвольных вычислений, диалога и экспертных знаний, коммуникационных сетей и вычислений в реальном времени был использован аппарат функциональных сетей (ФС), разработанный в ИСА РАН [Геловани В.А. и др., 1990], [Юрченко, 1992]. ФС являются объединением графовых моделей с функциональным программированием и наследуют все преимущества этих уникальных инструментов, которые сочетают два трудно совместимых, но необходимых для описания интегрированных систем свойства: – универсальность и конструктивность. На базе спецификаций ФС была спроектирована фрагментарная оболочка реального времени, ориентированная на широкий класс задач диагностирования и управления для различных практических приложений.

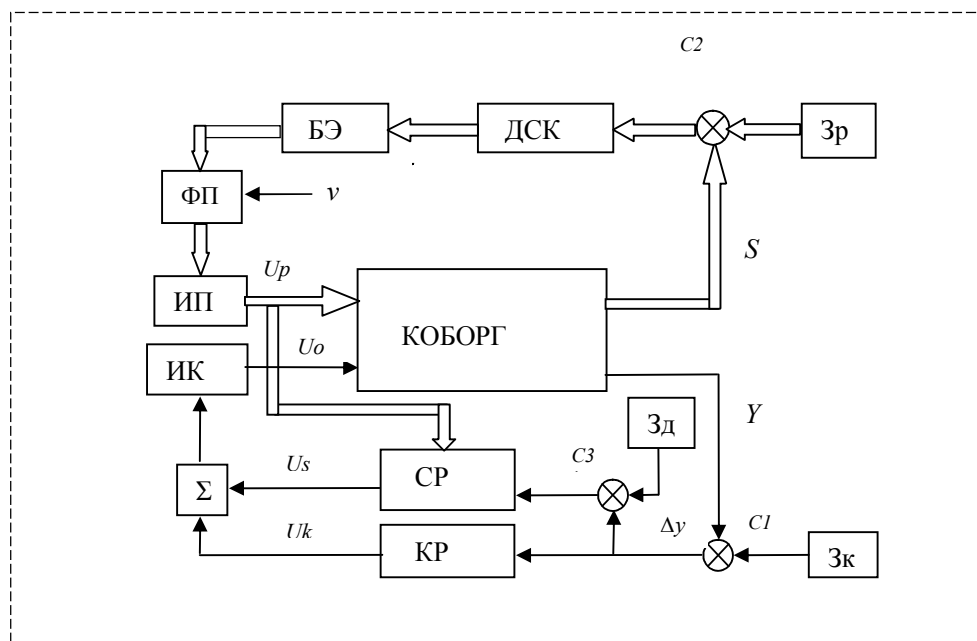


Рисунок 1 - Структурная схема SmartCoborgSystem

Далее приведем возможные способы управления по состоянию коборга от степени его расстройства или заболевания, применяемые в разработанных и внедренных нами в эксплуатацию SmartCoborgSystems:

1. Легкое расстройство коборга от кратковременного влияния внутренних или внешних возмущений (кратковременные аварии или технологические расстройства, сбои поставок сырья, транспорта, недостаток оборотных средств и др.). В этом случае ликвидация возникающего расстройства или нежелательного изменения состояния коборга осуществляется за счет внутренних резервов самого объекта или применением симптоматических воздействий, направленных на подавление возникающего симптома расстройства. Например, при нарушениях ровности хода или изменения нагрева доменной печи оперативно используются одно или несколько симптоматических воздействий по изменению расхода, давления и температуры дутья, расхода природного газа, а также системы загрузки шихтовых материалов. В бизнес-системах такими симптоматическими воздействиями при намечающихся расстройствах могут быть дополнительные краткосрочные займы при недостатке текущих оборотных средств, снижение запасов при снижении рентабельности активов, снижение задолженности учредителям по выплате доходов при снижении абсолютной ликвидности и т.д.

Аналогия с организмом: легкие отравления, или легкие простудные заболевания, с которыми организм может справиться самостоятельно или при кратковременном применении лекарственных средств, исключая симптомы головной боли, болей в желудке и пр.

2. Прогрессирующее расстройство коборга, связанное с развитием заболевания. Такие расстройства в техно-коборгах могут возникать, например, из-за явной или скрытой неисправности технических узлов или конструктивных недостатков агрегатов, неправильно заданных параметров технологического режима и т.д. При этом для ликвидации расстройства требуется, как правило, выявлять и устранять его причину, или, в противном случае, если это не представляется возможным, затрачивать дополнительные материальные, финансовые, трудовые или временные ресурсы для поддержания целевой функции. Например, появление вредных прососов воздуха из-за неисправности газоотводящей системы вызывает снижение производительности агломерационной машины до ликвидации причины этого расстройства.

В бизнес-деятельности такого типа расстройство возникают, например, из-за снижения платежеспособности, невозвращения займов и кредитов, затоваривания складов сырьем или готовой продукцией, увеличения сроков оборачиваемости дебиторской или кредиторской задолженности и др. Такая ситуация требует улучшения эффективности управления, применения различных способов мотивации и стимулирования управленческого персонала.

3. Стойкое расстройство (хроническое заболевание) коборга, когда в силу различных причин значения основных производственных и экономических показателей, таких как технико-экономические показатели агрегатов, объемы производства или услуг, реализация, норма прибыли, долгосрочная финансовая независимость и др. длительное время (год и более) находятся ниже запланированных, проектных или устанавливаемых бюджетом величин. Усилия по повышению эффективности управления и применения других организационно-технических мероприятий не дают результатов. Эти ситуации требуют значительных инвестиций и времени для капитальной реконструкции агрегатов, модернизации или реструктуризации компании.

Библиографический список

- [Буряков М.В. и др., 2000] Интеллектуальная автоматизированная система управленческого учета // Черные металлы. Русское издание: май 2000. — С18...23.
- [Геловани В.А. и др., 1990]. Проблемы компьютерного моделирования. М: МНИИПУ, 1990.
- [Павлова Е.А. и др., 2004] Интеллектуальная система диагностирования финансового состояния предприятия.// Известия вузов. Черные металлургия, 2004. — №10. — С.48...51.
- [Shortliffe E. H.,1976] Computer-based Medical Consultations: MYCIN, Elsevier, New York (1976).
- [Соловьев В.И. и др., 2004] Интеллектуальная автоматизированная система управления металлургическими агрегатами //Черные металлы. Русское издание: Июль- август 2004. — С.26...29.
- [Соловьев В.И. и др., 2005] Патент на изобретение №2251721 «Интеллектуальная система регулирования». Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.05.2005г.
- [Соловьев В.И. и др., 2006] Экспертная система управления процессом спекания агломерата //Черные металлы. Русское издание: март 2006. — С. 11...16.
- [Юрченко, 1992]Юрченко В.В. Функциональные сети. М: Наука, 1992.
- [Уэно Х. и др., 1989] Представление и использование знаний. Под ред. Уэно Х, Исидзука М. — М.: Мир, 1989.