

# Адаптивные методы формализации и представления знаний о состоянии динамических систем

Е.Т. Дюндиков, А.В. Чепелев, А.Н. Белов

**Аннотация.** Рассматривается содержание информационно-методического обеспечения процесса принятия решений по управлению состоянием динамических систем. Предлагается унифицированный состав и последовательность выполнения процедур формализации и представления знаний о состоянии контролируемых объектов, с целью обеспечения оперативной адаптации функциональных возможностей различных средств мониторинга в масштабе времени близком к реальному.

**Ключевые слова:** комплексный мониторинг, цветографический образ состояния объекта, динамические объекты и системы, информационно-методическая платформа, объект испытаний, средство мониторинга, программно-аппаратная конфигурация, интеллектуальная автономность, экспериментально-испытательная база, база знаний, база правил, интегрально-дифференциальная форма, матрица фактического состояния

## 1. Анализ существующих проблем в системах комплексного оценивания объектов

В процессе испытаний и опытной эксплуатации, довольно часто, возникают случаи, при которых вывод из нештатной ситуации, перевод в безопасное состояние наблюдаемой динамической системы требует оперативного и своевременного принятия решений, формируемых на основе результатов комплексного анализа поведения, корреляционных свойств совокупности критически важных контролируемых параметров и оценивания возможных последствий аномального функционирования объекта. С целью определения возможности, моментов времени, форм проявления последствий, являющихся следствием нештатных ситуаций (НШС), а также для оперативного и своевременного формирования перечня, порядка исполнения и содержания управляющих

воздействий, обеспечивающих исключение или минимизацию предполагаемого ущерба, необходимо иметь дополнительные, актуальные сведения (знания) об изменениях среды функционирования и состояния контролируемых динамических объектов и систем (ДС). Несмотря на значительные успехи [1, 5], достигнутые в теории сжатия, формализации и представления результатов обработки больших массивов информации, пока не удастся эффективно решить в реальном масштабе времени (РМВ) задачу адаптивного управления состоянием систем комплексного мониторинга (СКМ) и наблюдаемых объектов испытаний (ОИ), имеющих варьируемую программно-аппаратную конфигурацию (ПАК), то есть когда совокупность параметров состояния  $J=var$ . В практике испытаний некоторых типов ДС, длительность интервала комплексного анализа зафиксированных отклонений от норм параметров их состояния, проводимого с целью

определения причин аномального функционирования, принятия и реализации решений по восстановлению работоспособности или выводу наблюдаемых объектов из нештатной ситуации, в большинстве случаев, существенно превышает длительность неконтролируемых процессов, определяющих тенденции и временной интервал развития аварийных ситуаций. В связи с этим, невозможность своевременного осуществления оценивания состояния и на его основе формирования управляющего воздействия на подсистемы ОИ является фактом и, одновременно, следствием недостаточной эффективности используемого методического обеспечения информационного взаимодействия элементов в системе (ОИ)↔(СКМ)↔(Ситуационный центр (СЦ)) в процессе принятия решений. Кроме того, длительность интервала (1-1.5 месяца) сбора, дифференциального или комплексного ретроспективного анализа измерительной информации и результатов обработки разнородных данных, осуществляемой после аварийного завершения натурального эксперимента с целью идентификации процессов аномального функционирования и определения их источников, не обеспечивает своевременную реализацию управляющих воздействий ни на средства измерительного комплекса, ни на контролируемые объекты в процессе их функционирования. В связи с этим появляется необходимость существенного повышения уровней автоматизации с целью обеспечения интеллектуальной автономности как внешних по отношению к ОИ, так и бортовых программно-аппаратных средств оценивания состояния контролируемых динамических систем. Одной из основных задач средств мониторинга (СМ) любого вида и назначения является *своевременное* обеспечение органов управления состоянием контролируемых динамических систем достоверной информацией, позволяющей оценить параметры состояния, выявить причины, тенденции, определить вероятностно-временные характеристики процессов наблюдаемых изменений. Кроме этого к некоторым типам перспективных СКМ предъявляются требования по формированию и оперативному представлению для принятия решений перечня возможных ор-

ганизационно-технических мероприятий, выполнение которых обеспечит минимизацию ущерба из-за возникающих нештатных ситуаций до того, как ОИ перейдет в терминальное состояние, угрожающее окружающей среде (ОС). В процессе разработки и использования подобных систем предупреждения (предотвращения) основными проблемами являются отсутствие или неэффективность используемых способов и средств для преодоления ведомственных, организационных и методических различий при получении, преобразовании и представлении совокупности сведений (знаний) о наблюдаемом объекте. Причинами невысокой эффективности функционирования существующих систем мониторинга также являются ограниченный набор или отсутствие функциональных возможностей, обеспечивающих оперативную настройку элементов их аппаратной части, осуществляющих необходимую межсистемную или внутреннюю коммутацию, либо обработку информационных потоков для решения новых задач оценивания или для уточнения состояния объекта, например, в интервале времени формирования НШС в процессе его функционирования. Не менее важной проблемой является отсутствие методического обеспечения унифицированного формирования и отображения формы для компактного представления результатов мониторинга ОИ, состояние которых определяется по совокупности параметров, имеющей большую размерность (количество измерений и параметров). При этом указанная форма должна обеспечивать единую и оперативную интерпретацию результатов обработки всеми участниками испытаний. Кроме того, требует решения проблема обеспечения дистанционной целевой адаптации свойств и функциональных возможностей бортовой и наземной части АПК СКМ в случаях необходимости непредвиденного изменения заданий средствам мониторинга, условий функционирования, ПАК динамических объектов в процессе выполнения ими задач натуральных экспериментов.

Таким образом, вследствие синергетического действия совокупности факторов в СКМ существуют противоречия между требованиями заказчиков по обеспечению заданных зна-

чений достоверности, своевременности, оперативности, по полноте оценивания состояния наблюдаемых динамических систем и функциональными возможностями СМ.

## 2. Направления модернизации средств мониторинга

В настоящее время с целью решения перечисленных проблем предложено несколько способов осуществления комплексного мониторинга динамических систем и многопараметрических объектов [4-6]. Общими недостатками указанных способов являются: невозможность одновременного оперативного представления результатов выполненных видов мониторинга для комплексного оценивания состояния объекта и единой интерпретации данных с целью уяснения ситуации, определения тенденций ее изменения в процессе его функционирования; отсутствие у систем мониторинга программных и аппаратных средств для осуществления в РМВ процедур оперативной адаптации функциональных возможностей при запланированном или случайном изменении ПАК наблюдаемых ОИ, объема и содержания информации, поступающей от них для оценивания состояния и формирования решений; недостаточный уровень защищенности от несанкционированного доступа (НСД) к содержанию циркулирующей информации; большие временные затраты на обновление исходных данных и измерительной информации, на их доставку, обработку для оценки состояния ОИ, что делает результаты прогнозирования изменений их состояния не актуальными, а принятые решения не эффективными (запоздалыми). Предполагается, что перспективные образцы СКМ, планируемые для использования в составе экспериментально-испытательной базы (ЭИБ), предназначенной для отработки ДС, в зависимости от ситуаций и требований экспертов должны функционировать в режиме, при котором на фоне решения запланированных задач мониторинга обеспечивается оперативное получение новых данных с целью уточнения состояния и формирования знаний о свойствах источников изменений, происходящих в контролируемых подсистемах наблюдаемых объектов.

## 3. Состав исходных данных и содержание методов

Получение в РМВ достаточной совокупности достоверных данных для оперативного выявления причин аномального функционирования и определения его последствий на основе идентификации и прогнозирования процессов, происходящих при формировании нештатных ситуаций из-за деграционных изменений свойств элементов и, следовательно, значений параметров, по которым оценивается состояние контролируемой динамической системы при существующем методическом (МО), специальном программном (СПО) и аппаратном обеспечении функционирования средств мониторинга из состава ЭИБ затруднено и, в большинстве случаев, невозможно. При сложившейся к настоящему времени в системе испытаний ситуации, повышение до максимально возможных или требуемых заказчиками значений квалитметрических характеристик перечисленных видов обеспечения функционирования СКМ ЭИБ предполагает осуществление на основе новых информационных технологий комплекса организационно-технических мероприятий, включающих: разработку процедур СПО оперативного вмешательства без последствий в процессы телеконтроля (ТК) и управления состоянием наблюдаемых объектов при их функционировании; изменение логики процесса и модернизацию подсистем обеспечения информационного взаимодействия между контролируемым объектом и средствами СКМ, между СКМ различного назначения и организационной принадлежности, привлекаемых для обеспечения комплексного оценивания состояния ДС; разработку и использование новых методов, форм для оперативного представления знаний о бифуркационных состояниях, о способах их распознавания и фиксации, о тенденциях и динамичности изменений интегральных характеристик контролируемых систем. Для обеспечения выполнения перечисленных мероприятий, при разработке новых или модернизации эксплуатируемых образцов СКМ, их аппаратно-программные комплексы (АПК) дополнительно должны быть наделены адаптивными свойствами, необходимыми для дистанционной

организации приоритетных, целевых прерываний и настроек процессов обработки или коммутаций информационных потоков, на фоне решения плановых задач, прежде всего, в подсистемах телеконтроля состояния объектов. Реализация в РМВ дистанционного управления целевой коммутацией, обработкой информационных потоков и прагматической упаковкой данных телеконтроля может быть обеспечена на основе использования в базе знаний (БЗ) СКМ управляющих процедур, включаемых в состав унифицированной для всех средств мониторинга информационно-методической платформы (ИМП). Предлагаемый вариант технологии осуществления изменений в РМВ содержания ИМП позволяет обеспечить не только оперативное семантическое сопряжение средств при уменьшении размерности передаваемых между элементами СКМ массивов данных, оценивать соответствие и прогнозировать изменения состояния наблюдаемого объекта  $i^{10}$ -типа (комплектации), но и логически, на основе анализа результатов оценивания формировать рекомендации и команды, необходимые для организации оперативного управления подсистемами ОИ, действиями сил и средств, направленными на минимизацию или предотвращение возможного ущерба. При этом в зависимости от ситуации в ИМП может активироваться или оперативно включаться в её состав требуемый для решения новых задач комплекс унифицированных методик, реализованных в виде правил преобразования разнородной информации в распределенной базе знаний СКМ  $Z \supset (Z_i \supset (\{Z_i^\eta\}, \{Z_i^u\}))$ ,  $\eta=1, \dots, \eta^*$ ,  $u=1, \dots, u^*$ , состоящей из  $\{Z_i^\eta\}$ -локальных баз знаний (ЛБЗ) средств осуществления мониторинга  $S^n$  и  $\{Z_i^u\}$ -локальных баз знаний средств управления  $S^u$ , сформированных для координации действий элементов СКМ, сил и средств реагирования. Наличие у АПК СМ свойств, которые могут обеспечить необходимые, целевые вариации в ЛБЗ состава правил или процедур преобразования разнородных данных, открывает возможности синхронного выполнения и ситуационного перепрограммирования в масштабе времени близком к реальному: процессов функционирования и реагирования

элементов системы СКМ $\leftrightarrow$ ОИ; состава, содержания и порядка реализации управляющих состоянием АПК процедур, которые построены на основе использования опыта испытаний, знаний и интуиции экспертов, результатов анализа корреляционных связей, приемов селекции и интеграции данных об ОИ, СМ, ОС, а также позволяют логически сформировать условия и последовательность оперативного и своевременного подключения необходимых интеллектуальных и аппаратных ресурсов СКМ с целью осуществления адаптации свойств требуемой части средств программно-аппаратной конфигурации СМ и, что очень важно, их систем измерений как источника данных о фактическом состоянии объекта. В свою очередь, методические приёмы и технические решения, предлагаемые для использования с целью осуществления дистанционной, адресной адаптации могут реализовываться при наличии каналов передачи данных и с помощью выполнения упорядоченной последовательности правил, включающих логические, вычислительные и коммутационные процедуры  $((P_i \supset \{P_i^\eta\}) \subset Z_i) \subset Z$ , использование которых обеспечивает: а) сокращение времени усвоения и интерпретации экспертами полученных, представляемых (отображаемых), а также отправляемых данных и сообщений после их формализации; б) оперативную переориентацию (настройку) функциональных возможностей части аппаратных средств (блоков, модулей) подсистемы управления, подсистем интеллектуальной обработки (ИО) и измерений (СИ) на обеспечение получения необходимого массива данных от требующих, по мнению экспертов, углубления и/или локализации контроля состояния подсистем ОИ; в) целевое изменение состава, имеющейся совокупности  $\{(P_i^\eta = \{p_\ell\}^\eta) \subset Z_i^\eta\} \subset Z_i$  процедур для решения задач мониторинга в темпе функционирования средств  $S^n$  путем активизации ранее введенных или дополнения  $\{p_\ell\}_i^\eta$ ,  $\ell=1, \dots, \ell^*$  по унифицированным для всех СМ СКМ правилам  $((\{u_d\}) \subset U) \subset Z$  процедурами  $\{p_{\ell^*+\zeta}\}_i^\eta$ , необходимыми для решения новых задач интеллектуальной обработки данных о состоянии наблюдаемого объекта:

$$((\{p_{l^*+\zeta}\} \xrightarrow{U} \{p_l\}) \subset Z),$$

$$l = 1, \dots, l^*, \dots, l^* + \zeta^*;$$

г) одновременную адаптацию функциональных возможностей как систем измерений, так и систем интеллектуальной обработки данных для выполнения новых заданий; д) формирование консультирующих и подсказывающих сообщений о возможных действиях экспертов, органов управления, эксплуатирующих подразделений, использующих информацию от СКМ о состоянии контролируемых динамических систем.

Вполне очевидно, что обеспечение наличия перечисленных свойств у средств СКМ различного назначения требует разработки и использования новых, быстрых методов интеграции, анализа разнородных данных, модернизации процессов внутрисистемного и межсистемного информационного обмена, специфической организации измерительного процесса, а также процессов формализации данных, извлечения из них и представления знаний о состоянии объектов. При этом могут возникать трудности при реализации требований к бортовой части АПК СИ СМ по пропускной способности, габаритно-массовым, тепловым характеристикам и резко возрастают затраты на приобретение, разработку и размещение компонентов РЭА (аппаратуры приема-передачи данных, контроллеров, процессоров, памяти) с требуемым быстродействием, а также систем отвода тепла или дежурного термостатирования.

У большинства эксплуатируемых в составе ведомственных систем средств осуществления комплексного мониторинга  $S^n$ , в их методическом обеспечении для оценивания состояния объекта по результатам конкретного вида контроля  $\nu$  приняты правила, в соответствии с которыми количество контролируемых параметров, число процедур обработки их измеренных значений являются фиксированными:

$$\forall \eta, \nu: (\{j\}^\nu = \text{const})^n, (\{p\}^\nu = \text{const})^n.$$

Такое жесткое условие является существенным ограничением автономности действий и адаптивности свойств СМ при случайном или планируемом изменении задач, ПАК, условий функционирования объектов и средств мониторинга. Ограниченные знания о синергетиче-

ских эффектах и физических явлениях, происходящих в испытываемых объектах, недостаточная интеллектуальная автономность СМ и большие временные затраты на переориентацию (настройку) функциональных возможностей СМ, обеспечивающую получение в РМВ дополнительных данных от ОИ, не позволяют считать существующие СКМ эффективными по критериям:

- обеспечения максимальной достоверности результатов мониторинга о состоянии объекта:

$$\max(D_i = D(\alpha(Y_i), \beta(Y_i)) \mid (D_i) \subset [0, 1],$$

$$((\alpha(Y_i) = \alpha(Y_{ij}); \beta(Y_i) = \beta(Y_{ij})) \rightarrow 0,$$

где:  $\alpha, \beta$ -ошибки первого и второго рода мониторинга состояния объекта, определяемого по

$$\text{совокупности параметров } Y_i \supset \bigcup_{\nu} \left\{ y_{ijk} \right\}^{\nu};$$

- обеспечения максимального количества проконтролированных параметров:

$$\max(\delta_{\nu}) \mid \delta_{\nu} \subset [0, 1];$$

- обеспечения максимального количества оцененных объектов (или их элементов) при выполнении задач мониторинга:

$$\max(\delta_{об}) \mid \delta_{об} \subset [0, 1];$$

- обеспечения своевременности информирования ОУ о состоянии ОИ:

$$\max(\delta_t) \mid \delta_t \subset [0, 1].$$

Перечисленные характеристики определяют ценность  $C_i(t) = C(D_i(t), \delta_i(t), \delta_{\nu}(t))$  циркулирующих сообщений в системе предупреждения о возможных рисках и угрозах, а также оказывают значительное влияние на эффективность  $E^{3i} = f(\Omega_i(t), C_i(t), \nu_i, \tau_i^{\Omega}, \tau_i^{3i}, t)$  функционирования подсистемы информационного обеспечения процессов принятия решений органами управления. В идеальном случае  $C_i = 1$ .

Учитывая, что до 95% информации об объектах искусственного или естественного происхождения человек получает через зрительный канал [2], целесообразно чтобы модель преобразования разнородных данных была ориентирована на визуальное представление результатов мониторинга состояния динамических систем в интегрально-дифференциальной форме, которая способна **одновременно** отобразить не только значения каждого и всей совокупности параметров состояния, но и их из-

менения. В условиях дефицита времени на анализ причин возникновения и прогнозирования развития НШС, концептуальной основой при разработке информационно-методической платформы для практического осуществления технологий предупреждения является использование принципа обеспечения немедленного (т.е. с минимальными затратами времени) извлечения и представления необходимой информации о фактическом состоянии элементов или динамической системы в целом в условиях формирования конкретной нештатной ситуации. При этом имеется в виду, что соответствие состояния контролируемой ДС определяется по известному составу совокупности значений параметров  $Y_i \supset (\cup_{\nu} Y_i^{\nu}) \mid (Y_i^{\nu} \supset Y_{ij}^{\nu})$ ,  $(j=1, \dots, j^*)^{\nu}$ , измеряемых в соответствии с программой измерений при осуществлении различных видов  $\nu=1, \dots, \nu^*$  мониторинга. Реализация этого принципа предполагает наличие: а) группировки СМ с необходимыми тактико-техническими характеристиками (ТТХ) для оперативного осуществления требуемой совокупности видов мониторинга и специфического порядка проведения измерений. Специфичность проведения измерений заключается в необходимости одновременного осуществления как запланированного объема измерений параметров  $Y_i$  состояния объекта  $O_i$  (где  $i$ -тип или комплектация), так и интересующей экспертов в интервале времени  $(t_0^0 \leq t \leq t_0^K) \subset (t_c^0 \leq t \leq t_c^K)$  совокупности значений  $\{y_{j^*+\xi}\}_i \mid \xi=1, 2, \dots, \xi^*$  новых параметров, имеющих семантические отношения, функциональные или корреляционные связи с измеряемыми и вычисляемыми интегральными характеристиками, по значениям которых формируется заключение о наличии или отсутствии свойств у контролируемого объекта, необходимых для выполнения возложенных на него задач; б) адаптивной к изменениям условий, состава и содержания задач функционирования ОИ стратегии преобразования  $Y_i(t) \xrightarrow{\Omega_i} \mathfrak{R}_i(t) \mid (t_c^0 \leq t \leq t_c^K)$  имеющейся информации, т.е. порядка и конечной цели выполнения дополнительного  $P_i^+$  и запланированного  $P_i$  множества процедур  $P_c \supset \{P_i^+, P_i\}_c$

интеллектуальной обработки полученных измерений в каждом цикле  $c=1, 2, \dots, c^*$  комплексного мониторинга, по правилам:

$$\Omega \supset \omega_j^q = \{ \omega_j^1, \omega_j^2, \omega_j^3, \omega_j^4, \omega_j^5, \dots \}_i \mid \omega_j^q \subset P_c,$$

необходимым для автоматического формирования за минимальное время  $\tau^{\mathfrak{R}} = \sum_j (\tau_j^{\mathfrak{R}})$  в зависимости от ситуации управляющих решений  $\mathfrak{R}_i(t)$ .

С учетом сформулированных предположений относительно функциональных возможностей перспективных образцов СКМ требуется решить многокритериальную задачу обеспечения:

$$E^{\mathfrak{R}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

при ограничениях и условиях:

$$(E^{\mathfrak{R}}, C_i) \subset [0, 1]; (t_c^0 \leq t \leq t_c^K), c=1, 2, \dots;$$

$$\tau_i^{\Omega} = f(\sum_j (\tau_j^{\omega}) \mid \omega = \{ \omega_j^q \};$$

$$q = (1, 2, 3, 4, 5, \dots);$$

$$\tau^{\mathfrak{R}} = f(\sum_j (\tau_j^{\omega} + \tau_j^{\mathfrak{R}}), t) \rightarrow \min, (j=1, \dots, j^* + \xi)_i^{\nu},$$

$$\xi=1, \dots, \xi^*, \xi^* = \text{var};$$

$$C_i(t) = C(D_i(t), \delta_i(t), \delta_y(t), t) \rightarrow \max; \quad (2)$$

$$Y_i(t) = (\cup_{\nu} Y_i^{\nu}(t)) \mid (Y_i^{\nu}(t) \supset Y_{ij}^{\nu}(t)), (\Omega_i \subset P_c),$$

$$\mathfrak{R}_i(t) \supset (\cup_j \mathfrak{R}_{ij}(t));$$

$$\mathfrak{R}_{ij}(t) \supset \{ (T_{ij}), (K_{ij}), (\hat{\delta}_{ij}) \mid (\hat{y}_{ij} > \mathcal{Y}_{ij}^B) \vee (\hat{y}_{ij} < \mathcal{Y}_{ij}^H);$$

$$(j=1, \dots, j^* + \xi^*)_i^{\nu};$$

где:  $t_c^0, t_c^K$  - моменты времени начала и окончания цикла мониторинга;

$Y_i(t)$  - совокупность измеренных значений контролируемых параметров состояния объекта мониторинга;

$\hat{Y}_i(t)$  - совокупность оцененных (фактических) значений контролируемых параметров состояния объекта мониторинга;

$\delta_i(t)$  - множество показателей соответствия фактических и допустимых значений параметров состояния объекта;

$\tau_i^{\Omega}$  - интервал времени интеллектуальной обработки данных о состоянии ОИ в соответствии с заданием;

$\omega_j^1$  - правила фильтрации и оценивания значений параметров;

$\omega_j^2$  - правила формирования значений показателей соответствия (несоответствия);

$\omega_j^3$  - правила формирования команд  $K_i$  управления устройствами или элементами ДС при обнаружении несоответствия значения  $j^{10}$  параметра установленным нормам;

$\omega_j^4$  - правила формирования текстов рекомендаций (предложений) при обнаружении несоответствия значения  $j^{10}$  параметра установленным нормам;

$\omega_j^5$  - правила формализации и отображения результатов;

$R_i(t)$  - формализованные результаты комплексного мониторинга;

$\mathfrak{R}_i(t)$  - формализованные решения по выводу ДС из нештатной ситуации.

При решении задачи преобразования (1), для осуществления идентификации процессов  $\hat{y}_j^+(t) = (a_0, a_1, a_2, \dots, t)^+$ ,

где:  $(t_c^0 \leq t \leq t_c^K) \vee ((t_c^0 \leq t \leq t_j^A)); j = j^* + \xi; a_0, a_1, a_2, \dots$  - коэффициенты модели, с целью выявления причин аномального поведения наблюдаемых объектов и для определения времени  $t_j^A$  наступления последствий аномального функционирования, одним из основных требований, предъявляемых к системам интеллектуальной обработки разнородной измерительной информации, является обеспечение быстрого, близкого к РМВ формирования и своевременного, компактного (на одной экранной форме) представления результатов  $R_i^+(t) \xrightarrow{\omega^R} R_i(t)$  дополнительного оценивания числовых характеристик параметров  $Y_i^+(t) = \{y_{j^*+\xi}(t)\}_i$ , а также определение возможности и момента времени  $t^A \in (\tau_c = [t_c^0; t_c^K])$ ,  $c=1, 2, \dots$ , достижения объектом аварийного (терминального) состояния, которое угрожает окружающей среде. Определяемый экспертами ситуационного центра (СЦ) порядок выполнения незапланированного, дополнительного множества процедур  $P_i^+$  интеллектуальной обработки новых измерений в интервале времени  $((t_0^0 \leq t \leq t_0^K) = \tau_0) < \tau_c$ , (где:  $t_0^0, t_0^K$  - моменты времени начала и окончания опроса датчиков параметров состояния ОИ по

требованию экспертов), можно представить в виде совокупности известных по содержанию математических операций (морфизмов) [9, 10], но выполняемых с массивами новых измеренных значений контролируемых параметров  $Y_i^+(t) \ll Y_i(t)$ . Реализация последовательности указанных морфизмов  $((\Omega_i \subset \Omega), (U_i \subset U)) \subset Z$  с целью формирования  $\mathfrak{R}_i(t)$ , может быть осуществлена на основе использования унифицированного преобразования массивов (файлов) данных о состоянии объекта в форму математической конструкции с заданным экспертами СЦ порядком расположения в ее элементах значений множества безразмерных показателей  $\delta_{ij}$  соответствия (несоответствия) значений оценок контролируемых параметров, установленным для них допустимым значениям. Использование конструкции такого типа с целью сокращения времени передачи и интеллектуальной обработки данных (ИОД) исключает некоторые виды преобразования, такие как, операции масштабирования и/или нормирования, предусмотренных, например, методом обобщенных параметров [7] и позволяет мгновенно отображать образ состояния ОИ в графической форме, которая обеспечивает быстрое восприятие ситуации, автоматическое формирование текстов подсказывающих сообщений  $T_i \supset T_{ij}, j=1, \dots, j^* + \xi, \xi=1, 2, \dots, \xi^*$ , содержащих, в том числе, перечни управляющих воздействий  $(K_i \supset K_{ij})$  на ОИ, а также организационных и технических мероприятий по действиям сил и средств, осуществляемых с целью реализации воздействий. При этом сообщения  $T_i, T_{ij}$  могут представляться на средствах речевого сопровождения и видео отображения. В качестве такой унифицированной конструкции может использоваться матрица (матрица-строка) фактического состояния (МФС) объекта, сформированная в момент  $t_c^K$ , содержимое элементов которой можно без дополнительных преобразований отображать в графической форме при построении образа состояния ОИ. Схема унифицированного преобразования информации в процессе формирования решений по управлению состоянием ОИ представлена на Рис. 1. Основой при отображении образа состояния в момент времени  $t_c^K$  служит, определяемая

с помощью логических и вычислительных операций совокупность безразмерных значений, семантически более «нагруженных», чем у существующих систем, показателей  $\delta_i \Rightarrow (\{\delta_{ij}\} \leftarrow \frac{\omega_j^{\delta}}{y_{ij}^H} (y_{ij}^H \leq \hat{y}_{ij} \leq y_{ij}^B))$  результатов сравнения  $y_{ij}^H, y_{ij}^B$  допустимых и  $\hat{y}_{ij}$  фактических (оцененных) значений параметров. Семантическая «нагруженность» значений показателей означает, что по их безразмерным значениям эксперты и ЛПР могут получить знания о текущем состоянии объекта, определить не только характер его изменений, но и планировать собственное поведение, а также действия сил и средств, в ближайшей перспективе. К таким знаниям относятся совокупность сведений, содержащихся в подсказывающих (рекомендующих) или в консультирующих сообщениях, автоматически формируемых по

результатам анализа содержимого формализованных результатов мониторинга в виде матриц фактического состояния ОИ. При этом совокупность сведений формируется на основе ответов на следующие вопросы:

- 1) Находятся ли фактические (оцененные) значения параметров состояния в интервалах допустимых значений?
- 2) Какие границы допустимых значений параметров (установленные нормы) нарушены, верхние или нижние, то есть, какое направление имеют тенденции изменения?
- 3) Какова величина отклонения от установленной нормы в данный момент времени?
- 4) Каково значение момента времени достижения терминального состояния объектом, которое опасно для окружающей среды?
- 5) Какие виды технических регулировок требуется провести (например, уменьшить или увеличить и насколько)?

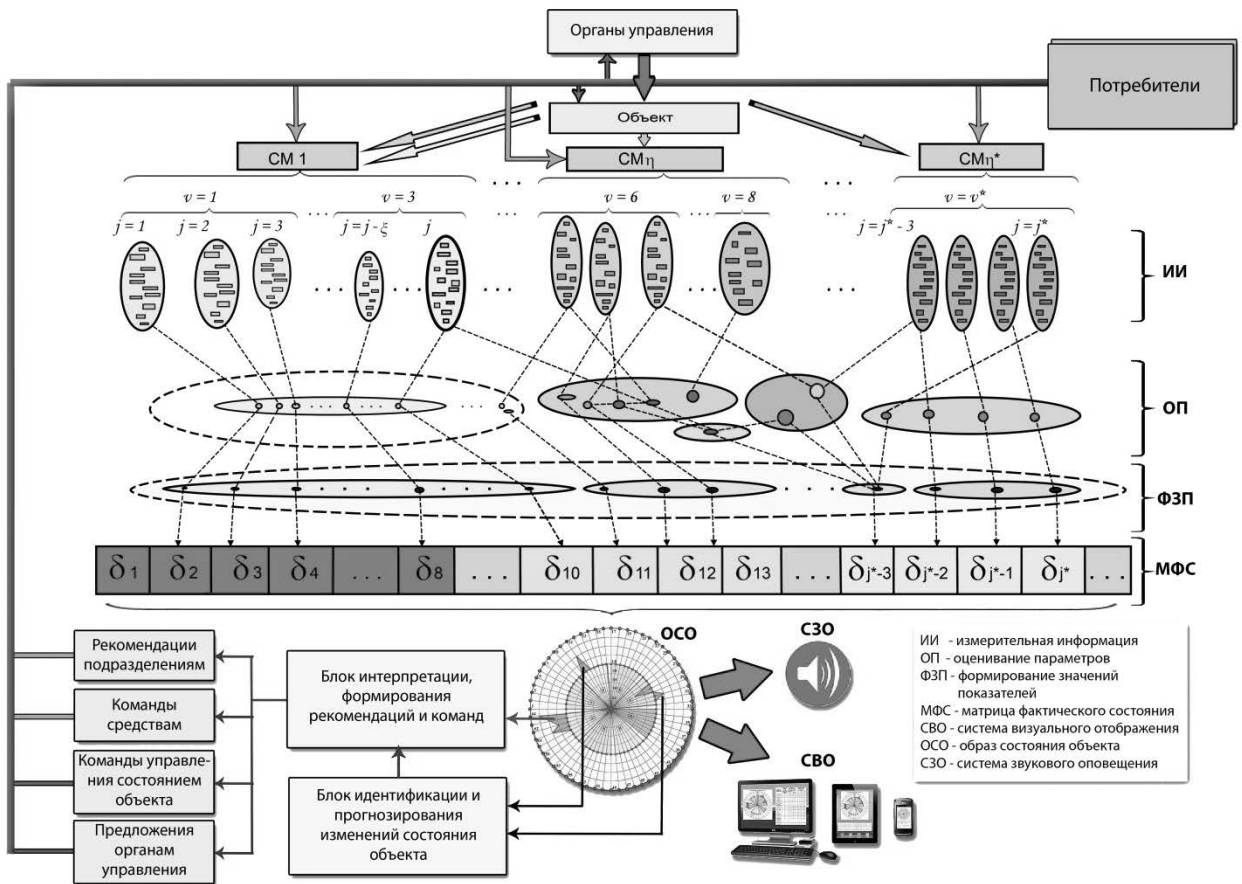


Рис. 1. Схема унифицированного преобразования информации в процессе формирования решения по управлению состоянием объекта



б) Какие организационные мероприятия необходимо выполнить (установить, снять, включить, выключить, заменить, переместить и т.п.) для приведения аномального значения параметра и состояния объекта в норму?

Кроме того, совокупность показателей, которые предполагаются для использования при оценивании состояния, должна обладать свойствами топологических инвариантов [8], то есть их значения должны принадлежать границе фигуры (формы), отображающей образ состояния динамической системы в любом временном сечении и в различных условиях процесса ее функционирования.

Сформированная в момент  $t_C^K$  в полярной системе координат  $(\rho; \phi)$  графическая форма  $G_i = G(\rho_j = \delta_j; \phi_j = (2\pi / j^* + \xi) \cdot j)_i, j = 1, \dots, j^* + \xi^*$ , удобна для быстрого осмысления, интерпретации изменений, происходящих на контролируемом объекте и дает ответы на указанные вопросы.

Фигура  $G_i \left( t_C^K \right)$  используется как при отображении результатов  $\left( R_i^+ \left( t_C^K \right) \right)$ , так и при формировании решений  $\mathfrak{R}_i \supset \left( G_i \left( t_C^K \right), (T_i \vee K_i), (T_i \wedge K_i) \right)$ ,

необходимых для организации управления  $U_i \supset (\{u_j\}, \{u_d\})_i$  состоянием контролируемой динамической системы, процессом его комплексного оценивания, а также действиями сил и средств, имеющихся в распоряжении органов управления (ОУ). При этом морфизм  $T \xrightarrow{\omega^T} T_i$ , где  $T$  – словарь терминов,  $T_i$  – совокупность терминов для описания состояния ОИ  $i$ -того типа, используется для формирования и документирования решений  $\mathfrak{R}_i \supset (T_i \supset (T_j^u \supset \{u_j\}, T_j^d \supset \{u_d\})),$  где:  $T_j^u$  – предложения органам управления по организации действий сил и средств по приведению аномальных значений параметров в установленные нормы,  $T_j^d$  – рекомендации, эксплуатирующим организациям или подразделениям. В большинстве случаев возможна реализация отношения  $T_j^u \sim T_j^d$ .

В свою очередь, ТТХ СИ и установленный порядок ее функционирования должны обеспе-

чить проведение необходимого количества  $k_j = (1, 2, \dots, k^*)_j$  измерений и преобразование в заданную форму значений требуемого массива  $Y_i \supset \{y_{jk}\}_i \mid i = \text{const}, (j = 1, \dots, j^* + \xi)_i$  разнородных параметров состояния, имеющих номера  $j$ , контролируемых группировкой средств  $\{S^n\}, n = 1, \dots, n^*$ , привлекаемых для осуществления комплексного мониторинга, включающего несколько видов контроля.

С целью повышения эффективности функционирования СКМ, а в частности, для улучшения характеристик процессов информационно-методического обеспечения комплексного анализа разнородных данных и обеспечения своевременности принятия решений на основе использования знаний о динамике состояния объекта, осуществляется интенсивное внедрение новейших методов интеллектуальной обработки, способов, средств контроля, диагностики и информационного обмена [2, 8, 11, 12]. При этом, кроме согласования протоколов обмена данными, одной из основных проблем при сопряжении информационно-управляющих систем с системами мониторинга, диагностики, контроля является отсутствие в МО их функционирования процедур, обеспечивающих в задаваемом экспертами интервале реального времени синхронизацию процессов управления системами измерений, формирования, коммутации информационных потоков, используемых при решении внеплановых задач комплексного оценивания состояния объектов и процессов функционирования аппаратно-программных комплексов СМ при решении плановых задач мониторинга. Решение перечисленных проблем и получение технического эффекта может быть обеспечено введением нового порядка формирования, формализации результатов комплексного оценивания состояния ОИ, их передачи и интерпретации. На Рис. 2 представлена схема осуществления предлагаемого метода.

Предположим, что для проведения в интервале времени  $(\tau_i = t_i^K - t_i^0) \in t$  комплексного оценивания и прогнозирования изменений состояния динамической системы привлекается группировка средств, каждое из которых может осуществлять дистанционным или контактным способом один или несколько  $\{v\}^n \subset v$  видов

мониторинга. В соответствии с предлагаемым методом, в назначенный СЦ момент  $t_j^0 \in \tau_i$  мониторинга на средстве  $S^n$  выполняются операции ввода необходимых исходных данных для решения новых задач. Для чего от АПК СЦ по линиям связи передают кодограмму, в содержание которой включается блокматрица-задание средству осуществления мониторинга, имеющему номер  $\eta$ , где её получают и преобразовывают в аппаратуре приема-передачи данных в сообщение содержащее: **подматрицу**-задание ( $Z_{i1}^n$ ) на проведение измерений, в пронумерованных элементах одной из строк которой располагают «1», если параметры объекта

с такими же номерами подлежат измерению и «2»-вычислению.

При этом в элементы с соответствующими номерами, где содержатся «1», но в другой строке включаются значения новых частот  $f_j$ ,  $j=(j^*+\zeta)$  опроса датчиков параметров состояния. Содержимому остальных элементов присваивают нули; **подматрицу**-задание ( $Z_{i2}^n$ ) на изменение содержимого базы знаний и порядка использования процедур интеллектуальной обработки измеренных значений контролируемых параметров, в элементах которой располагают значения выбранных идентификаторов ( $\pi_{l+\xi}$ ) из совокупности  $\{\pi_1, \pi_2, \dots\}$  возможных значений

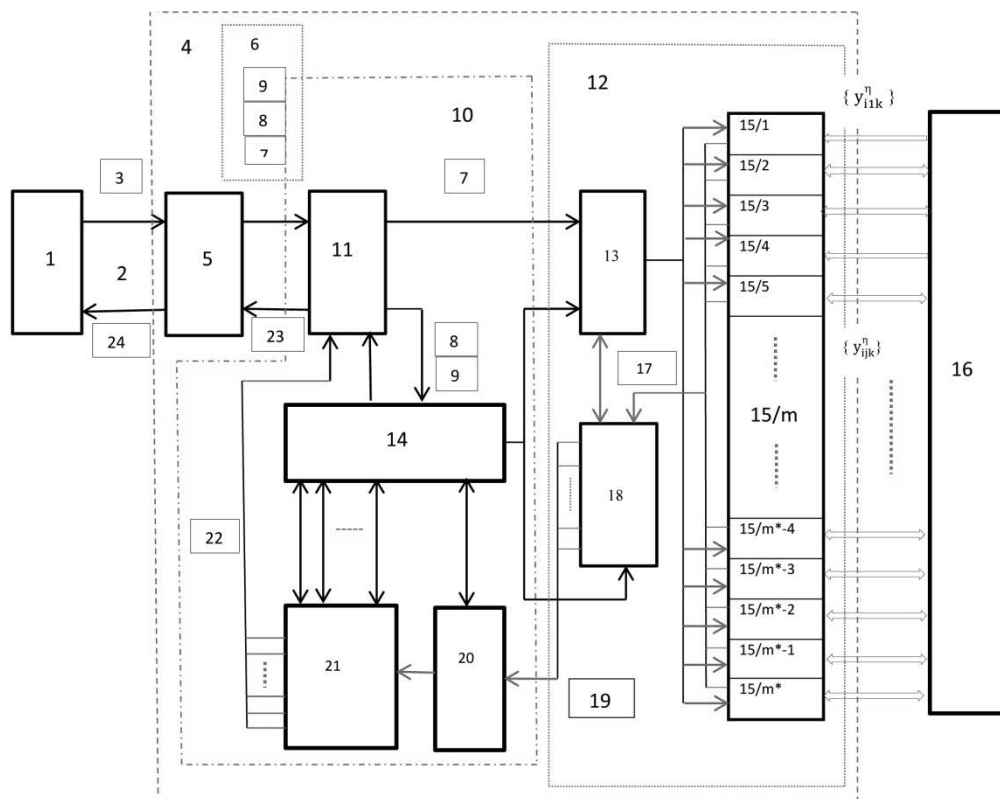


Рис. 2. Структура и основные элементы аппаратно-программного комплекса средств мониторинга

1 – аппаратно-программный комплекс ситуационного центра, в котором проводится обработка данных, формирование перечня и содержания управляющих воздействий; 2 – линии связи; 3 – сообщение, содержащее задание средству мониторинга; 4 – средство мониторинга; 5 – аппаратура приема-передачи данных средства мониторинга; 6 – **блокматрица**-задание средству мониторинга; 7 – **подматрица**-задание на измерение; 8 – **подматрица**-задание на изменение содержимого базы знаний (БЗ) и порядка использования процедур интеллектуальной обработки измеренных значений параметров состояния контролируемого объекта; 9 – **подматрица**-задание на изменение пространственно-временных характеристик состояния средства в процессе осуществления мониторинга; 10 – база знаний; 11 – модуль ввода-вывода; 12 – система измерений; 13 – дисплей системы измерений; 14 – база правил; 15 – блок измерительных модулей; 16 – объект мониторинга–испытываемая динамическая система; 17 – результаты измерений; 18 – преобразователь измеренных значений; 19 – матрица преобразованных значений; 20 – база данных; 21 – модуль интеллектуальной обработки; 22 – матрица показателей соответствия фактических и допустимых значений параметров состояния; 23 – сообщение о фактическом состоянии контролируемого объекта; 24 – сигнал, содержащий сообщение о результатах мониторинга

приоритетов, с помощью которых в заданный экспертами момент времени формируются прерывания процесса решения текущих задач и/или устанавливают требуемый порядок выполнения новых процедур  $\{p_{\ell^*+\xi}\}$  обработки параметров состояния  $O_i$ ; значения выбранных идентификаторов  $(d_{\ell^*+\xi})$  из совокупности  $\{d_1, d_2, \dots\}$  возможных значений идентификаторов вида действий (исключить -  $d_1$ , дополнить -  $d_2, \dots$ ), осуществляемых для изменения содержимого базы знаний; номера  $\{(\ell^*+\xi)\}$ ,  $(\xi=1, 2, \dots)$ , вновь вводимых процедур  $\{p_{\ell^*+\xi}\}$ ; новые значения границ интервалов  $[y_{ij}^H, y_{ij}^B]$ ,  $j=(j^* + \zeta)$  допустимых изменений контролируемых параметров; файлы  $\{f_{\ell^*+\xi}\} \supset \{p_{\ell^*+\xi}\}$ , содержащие новые процедуры программного обеспечения интеллектуальной обработки измеренных значений параметров состояния контролируемого  $O_i$  или его элементов; **подматрицу-задание**  $(Z_{i3}^n)$  на изменение пространственно-временных характеристик состояния средства в процессе осуществления мониторинга, содержащую служебную информацию для управления пространственно-временным состоянием средства, в элементах которой располагают данные о времени  $t_i^0$  начала,  $t_i^K$  окончания и представления в СЦ результатов комплексного мониторинга, идентификаторы типа, координаты местоположения  $\lambda^n(t)$ ,  $\varphi^n(t)$  средств и объекта комплексного мониторинга  $\lambda^1(t)$ ,  $\varphi^1(t)$ . По содержащимся в базе правил, правилам управления  $U_i$  процессом комплексного оценивания состояния  $O_i$ , преобразованное сообщение передается в модуль ввода-вывода, в котором интерпретируется информация, содержащаяся в сообщении, выделяется и копируется подматрица  $(Z_{i1}^n)$ , после этого копия подматрицы  $(Z_{i1}^n)$  передается в систему измерений, в диспетчер, а подматрицы  $(Z_{i1}^n)$ ,  $(Z_{i2}^n)$ ,  $(Z_{i3}^n)$  в базу правил базы знаний. В диспетчере анализируется содержимое копии подматрицы  $(Z_{i1}^n)$  и в соответствии с правилами формирования, по совокупности номеров элементов, содержимое которых равно 1, формируется требуемый состав, из имеющихся на средстве  $\{m\}^n=(1, \dots, m^*)^n$  измерительных модулей, посредством которых с ча-

стотой  $f_j^0$ ,  $j=(j^*+\zeta)$  измеряются значения параметров  $Y_i^n = \{(y_{ijk})^v\}^n$ ,  $j=(j^*+\zeta)$ ;  $(k=1, \dots, k^*)$  |  $k^*=k(f_j^0)$ , контролируемой ДС ( $O_i$ ). Затем результаты измерений  $\{(y_{ijk})^v\}^n$ , передаются в модуль преобразования, где получают значения и формируются файлы  $F_i = \{F_{ij}\}$  преобразованных измеренных физических величин (параметров) в заданной форме. Затем из файлов  $F_i$  формируется матрица измерений  $H_i$ , которая передается в базу данных  $\mathcal{D}^n \subset Z^n$ . После этого в соответствии с правилами управления, файлы передают в модуль интеллектуальной обработки и оценивания, где по совокупности процедур  $(P_i \supset \{p_{\ell^*+\xi}\}^n \supset \{p_{\ell^*+\xi}\}^n)$ , последовательность выполнения которых указана в подматрице-задании  $(Z_{i2}^n)$ , вычисляется совокупность значений оценок  $(\{\hat{y}_{ij}\}^v)^n$  физических величин (параметров) и/или интегральных характеристик по их преобразованным значениям. Затем каждое из вычисленной совокупности значений оценок сравнивается путем соотношения с соответствующими значениями границ интервалов допустимых значений, определяются значения и формируется матрица показателей  $\delta_{ij}^n \supset ((\delta_{ij}^1, \delta_{ij}^0, \delta_{ij}^\phi)^n | (\delta_{ij}^0 \supset (\delta_{ij}^+ \vee \delta_{ij}^-))^n, i=\text{const}, j=1, \dots, j^*+\zeta)$  соответствия (несоответствия) оцененных и допустимых значений контролируемых параметров состояния  $O_i$  по правилам:

$$\delta_{ij}^1 := 1, \left[ y_{ij}^H \leq \hat{y}_{ij} \leq y_{ij}^B \right];$$

$$\delta_{ij}^\phi = \left( \frac{\hat{y}_{ij}}{y_{ij}^B} \right), (y_{ij}^H < \hat{y}_{ij} < y_{ij}^B) \vee (\delta_{ij}^1 = 1); \quad (3)$$

$$\delta_{ij}^+ = \left( \frac{\hat{y}_{ij}}{y_{ij}^B} \right), \hat{y}_{ij} > y_{ij}^B; \quad \delta_{ij}^- = \left( \frac{\hat{y}_{ij}}{y_{ij}^H} \right), \hat{y}_{ij} < y_{ij}^H.$$

В выражениях (3) приняты следующие обозначения:  $\{\delta_{ij}^+, \delta_{ij}^-\} \subset \delta_{ij}^0$ -показатели несоответ-

ствия фактических и допустимых значений параметров состояния контролируемых средством, имеющих номер  $j$ ;  $\delta_{ij}^{\phi}$  - фиктивные показатели несоответствия фактических и допустимых значений параметров состояния, используемые при определении реальных значений числовых характеристик, а также при графическом отображении тенденций и формы изменения контролируемых параметров в пределах интервала их допустимых значений в цикле мониторинга  $c=1, \dots, c^*$ ;  $\delta_{ij}^1$  - показатели соответствия фактических и допустимых значений параметров состояния контролируемых средством, используемые при формировании

и отображении графического образа состояния  $O_i$ ;  $y_{ij}^{\wedge}$  - фактические (оцененные) значения параметров состояния  $O_i$  контролируемых средством;  $y_{ij}^B$  - значения верхних границ интервалов допустимых значений параметров состояния  $O_i$  контролируемых средством;  $y_{ij}^H$  - значения нижних границ интервалов допустимых значений параметров состояния  $O_i$  контролируемых средством. Вид матрицы  $\delta_i^{\eta}$  и вариант содержимого её элементов представлены на Рис. 3.

Затем передают матрицу показателей  $\delta_i^{\eta}$  в модуль ввода-вывода, в котором включают её в содержание сообщения о фактическом состо-

Состав компонентов блок-матрицы	№ столбца параметра)												
		1	2	3	4	5	...	j	...	j*-2	j*-1	j*	j*+1
	№ строки												
$Z_{i1}^{\eta}$	1	1	0	0	1	0	...	1	...	0	1	1	1
	2	$\pi_1$	0	0	$\pi_4$	0	...	$\pi_j$	...	0	$\pi_{j*-1}$	$\pi_{j*}$	$\pi_{j*+1}$
	3	$d_1$	0	0	$d_4$	0	...	$d_j$	...	0	$d_{j*-1}$	$d_{j*}$	$d_{j*+1}$
$Z_{i2}^{\eta}$	4	$y_{i1}^B$	0	0	$y_{i4}^B$	0	...	$y_{ij}^B$	...	0	$y_{ij*-1}^B$	$y_{ij*}^B$	$y_{ij*+1}^B$
	5	$y_{i1}^H$	0	0	$y_{i4}^H$	0	...	$y_{ij}^H$	...	0	$y_{ij*-1}^H$	$y_{ij*}^H$	$y_{ij*+1}^H$
	6	$l^*+1$	0	0	$l^*-1$	0	...	$l^*-1$	...	0	$l^*+1$	$l^*+2$	$l^*+2$
	7	$f_{l^*+1}$	0	0	0	0	...	0	...	0	0	$f_{l^*+2}$	0
$Z_{i3}^{\eta}$	8	i	$t_i^0$	$t_i^K$	$A_i^0$	$A_i^K$	$\Phi_i^0$	$\Phi_i^K$	0	0	0	0	0
	9	$\eta$	$t_{\eta}^0$	$t_{\eta}^K$	$A_{\eta}^0$	$A_{\eta}^K$	$\Phi_{\eta}^0$	$\Phi_{\eta}^K$	0	0	0	0	0

Рис.3. Структура, состав компонентов и содержание элементов блокматрицы-задания  $Z_i^{\eta}$

янии контролируемого объекта. Сформированное сообщение через аппаратуру приема-передачи данных по линиям связи передается в виде кодограммы в АПК СЦ, где преобразовывается и представляется в требуемой форме. Например, в виде графического образа состояния  $O_i$  и текстовой части, содержащей данные о времени проведения, о координатах местоположения контролируемого объекта, средств мониторинга, а также зафиксированные абсолютные отклонения значений параметров от установленных норм. При этом значения  $0 < \delta_{ij}^p < 1 \mid \delta_{ij}^1 = 1$  фиктивных показателей несоответствия фактических и допустимых значений параметров состояния  $O_i$ , используют при необходимости определения и представления реальных значений, а также при графическом отображении тенденций и форм изменений во времени контролируемых параметров в пределах интервала их допустимых значений. Сформированные таким образом на  $S^n$  результаты различных видов мониторинга вводятся в соответствующие элементы матрицы фактического состояния:  $\bigcup_v (\delta_i^v)^n \xrightarrow{U_i} \delta_i^n$ . Матрицы  $\delta_i^n$ , содержащие формализованные знания о состоянии объекта передают в СЦ по линиям связи от каждого средства мониторинга. При этом в элементах  $\delta_i^n$  располагают значения показателей соответствия (несоответствия) указанной в задании совокупности фактических и допустимых значений параметров состояния объекта, которые контролируются средством, имеющим номер  $\eta$ . После получения  $\delta_i^n$  в СЦ выполняют операцию их объединения (суммирования) и формируют матрицу фактического состояния динамической системы  $(\delta_i = \sum_1^{\eta^*} (\delta_i^\eta))^c$  или объекта по всем осуществленным  $v=1, 2, \dots, v^*$  видам мониторинга (контроля), всеми средствами  $\eta=1, 2, \dots, \eta^*$  в цикле  $c=1, 2 \dots$  мониторинга. Так как значения показателей  $\delta_i^\eta$  соответствия фактических и допустимых значений параметров состояния  $O_i$  являются результатами выполнения операций присвоения «1» и деления величин одной размерности, а следовательно, безразмерными величинами, то без точного знания правил формирования значения показателей,

значений границ интервалов допустимых значений и фактических (оцененных) значений параметров состояния  $O_i$ ; определение физического смысла, установление единиц измерений, видов осуществленного контроля, типа объекта, средств и количества проведенных измерений существенно затруднено и, в большинстве случаев, не представляется возможным. Затруднения вызваны тем, что одно и, тоже значение показателей  $\delta_{ij}$  можно получить в результате деления бесконечно большого ряда чисел.

Пример:  $\delta_{ij}=1.5 \leftrightarrow (\frac{3}{2} = 1.5; \frac{30}{20} = 1.5; \frac{45}{30} = 1.5; \frac{1489.5}{987} = 1.5; \dots; \frac{7500000}{5000000} = 1.5), \dots$

Следовательно, выполнение операций перебора значений делимого и делителя для определения реальных значений становится бессмысленным.

## Заключение

1. Состав, содержание и последовательность выполнения процедур могут быть использованы в качестве методической основы технологий двойного назначения, в тех сферах деятельности, где необходимо оперативно оценить состояние и динамику объекта по разнородной измерительной информации.

2. Совокупность отличительных признаков предлагаемого метода дистанционной адаптации функциональных возможностей средств комплексного мониторинга, обеспечивающего формализацию и представление знаний о состоянии наблюдаемых объектов проявляет новые свойства СКМ, заключающиеся в том, что:

- в системах измерения средств мониторинга обеспечивается возможность оперативно и целенаправленно варьировать количеством измеряемых физических величин (параметров состояния объектов) и количеством измерений, что существенно влияет на достоверность результатов мониторинга и качество принимаемых решений;
- в случайный или в заданный момент реального времени обеспечивается возможность организации прерываний текущих процессов оценивания состояния ОИ, его элементов, подсистем для оперативной переориентации (настройки) программно-аппаратной конфигурации средств

мониторинга на решение новой, случайной по составу и/или содержанию совокупности задач;

– обеспечивается приоритетное, целенаправленное изменение состава и содержания процедур обработки разнородных данных о состоянии  $O_i$  (или его элементов, подсистем);

– обеспечивается повышение автономности функционирования и сокращение времени процесса обучения средств и систем мониторинга;

– обеспечивается повышение защищенности данных, содержащихся в передаваемых от средств в ситуационный центр сообщениях о результатах мониторинга состояния  $O_i$  от несанкционированного вскрытия их содержания.

3. Результаты решения задачи (1), при физическом моделировании процессов функционирования различных ОИ, СКМ с учетом реализации предложенных технических решений по модернизации ПАК бортового и наземного АПК СМ подтвердили ожидаемое повышение в  $1,6 \div 1,9$  раза значений показателя  $E^{sr}$  эффективности процессов информационного обеспечения принятия решений при сокращении времени передачи и обработки данных о состоянии объектов испытанных опытных образцов ДС более чем в 10 раз.

4. Учитывая, что предложенный методический подход обеспечивает высокие уровни оперативности, автономности, унификации формирования и компактности (не более одной экранной формы) представления результатов мониторинга вне зависимости от типов контролируемых объектов, физической сущности и количества их параметров состояния, на основе метода может быть создан универсальный программный продукт (например, *bot-integrator*), обеспечивающий информационное взаимодействие пользователей и систем различного назначения с помощью формируемых на основе

интеграции разнородных данных образов исследуемых объектов искусственного или естественного происхождения.

## Литература

1. Потапов А.А., Гуляев Ю.В., Никитов С.А., Пахомов А.А., Герман В. А. Новейшие методы обработки изображений. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496 с.
2. Левшин В.Л. Биокрибернетические оптико-электронные устройства автоматического распознавания изображений. -М.: Машиностроение, 1987. – 176 с., С. 7-44.
3. Лифанов Ю.С., Саблин В.Н., Салтан М.И. Направления развития средств наблюдения за полем боя. –М.: Радиотехника, 2004. -64 с.
4. Дюндиков Е.Т., Качкин А.А. Технология динамической интеграции и представления разнородных данных для анализа и оценки состояния многопараметрических объектов. Информационные технологии. 2010, №2., С.66-73.
5. Экологический мониторинг: шаг за шагом. Е.В. Веницианов и др., под редакцией Е.А. Заика. -М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003г. -252 с., С.12-47.
6. Способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной измерительной информации. Патент РФ №2459245.
7. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалевский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. -М.: Сов.радио, 1974. - 224 с.
8. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы в акустике. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. -480 с., С. 417-473.
9. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд.5-е.-М.: Издательство ЛКИ, 2007. -312 с., С. 113-173, 246-267.
10. Голдблатт Р. Топосы. Категорный анализ логики. Пер. с англ.- М., Мир, 1983. – 488 с.; С. 30-58.
11. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. -2-е изд., перераб. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 264 с.; С. 25-127, 130-187.
12. Рутковский Лешек. Методы и технологии искусственного интеллекта /Пер. с польск. И.Д. Рудинского. –М.: Горячая линия – Телеком, 2010. -520 с.

**Дюндиков Евгений Тимофеевич.** Заместитель генерального директора ОАО «НПП «Кедр-М». Окончил Военную академию РВСН им. Петра Великого в 1986 году. Кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Автор 120 печатных работ. Область научных интересов: моделирование, функционирование макросистем, комплексный мониторинг состояния динамических объектов, теория формирования образов, организация и проведение испытаний опытных образцов ракетно-космической техники. E-mail: yoda-53@mail.ru

**Чепелев Андрей Васильевич.** Научный сотрудник ОАО «НПП «Кедр-М». Окончил ВИКИ им. А.Ф. Можайского в 1985 году. Автор 12 печатных работ. Область научных интересов: радиотехнические системы комплексов, комплексный мониторинг состояния динамических объектов, теория формирования образов. E-mail: andyche@yandex.ru

**Белов Алексей Николаевич.** Ведущий инженер ОАО «НПП «Кедр-М». Окончил РВВКИУ РВ им. М.И. Неделина в 1985 году. Автор 10 печатных работ. Область научных интересов: радиотехнические средства, комплексный мониторинг состояния динамических объектов, теория распознавания образов. E-mail: beloff63@yandex.ru