УДК 681.5.013: 004.652

Юрий Григорьевич Даник *(д-р техн. наук, профессор)*
Алексей Александрович Писарчук *(д-р техн. наук, профессор)*
Сергей Витальевич Тимчук
Александр Васильевич Лагодный

Житомирский военный институт имени С. П. Корольова, Житомир, Украина

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИТУАЦИОННОГО СИНТЕЗА САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КРИТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В статье предложен подход к реализации многокритериального оценивания эффективности процесса ситуационного синтеза самоорганизующейся структуры систем мониторинга критических объектов. Оценивание эффективности реализуется по совокупности нескольких категорий частных критериев оптимальности, характеризующих все элементы системы мониторинга, оперативный состав, внешние факторы и требования к функциональной надежности. Предложенный подход позволяет сформировать фазовое пространство и фазовый портрет самоорганизации структуры системы мониторинга. Используется комплексное решение этапов к многокритериальному оцениванию эффективности ситуационного синтеза самоорганизующейся структуры, которое заключается в: формировании групп частных показателей (критериев) оптимизации структуры и параметров системы мониторинга; синтезе самоорганизующейся математической модели ситуационного управления структурой и параметрами системы критических объектов. Обобщающая оценка эффективности ситуационного синтеза структуры информационно-управляющих кластеров позволяет анализировать как статические, так и динамические свойства синтезируемого кластера в термитах теории сложных систем, используемых для реализации анализа и синтеза, методов многокритериального анализа и синергетических подходов.

Ключевые слова: *мониторинг; самоорганизация; многокритериальный; оценивание; система; синергетика.*

Вступление

Актуальность исследований. Практическое внедрение современных информационных технологий обеспечивает формирование единых информационных пространств, в которых взаимодействуют, функционируют, модифицируются и развиваются социотехнические системы разной степени сложности и назначения. Ключевым компонентом подобных абстрактных категорий являются системы мониторинга (СМ) критических объектов (объекты мониторинга (ОМ) – экологически опасные и с критической структурой объекты (хранилища, производства), места скопления людей, критические к возникновению кризисных ситуаций (КС) территории (приграничные районы, аэродромы и аэропорты, энерго-, водо-, тепло-газомагистрали и т. д.), критические объекты государственной системы управления и т. д.) с помощью которых реализуется сбор, накопление, обработка получаемых данных и управление указанными процессами. На сегодняшний день проблемным является не столько сбор, сколько анализ избыточности информации, циркулирующей в едином информационном пространстве. Ситуация усложняется значительной динамикой протекания внешних и внутренних процессов, фатальностью и высокой плотностью потока возникающих при этом КС. Практика доказывает наличие существенных недостатков технологического и функционального характера в известных подходах к построению СМ, способных эффективно функционировать в указанных условиях. Изложенное актуализирует задачу выработки новых методов синтеза СМ и оценивания эффективности этого процесса.

Анализ существующих подходов.

Традиционно СМ базируются на формировании статической структуры с соблюдением принципов открытой архитектуры, модульности и унификации [1, 2]. Благодаря этому информационная избыточность, возрастание динамики изменения и плотности потока КС компенсируется включением новых элементов в систему. Такой путь является малоэффективным, поскольку приводит к усложнению системы, повышает ее стоимость и инертность, снижая уровень отказоустойчивости и т. д. Синтез статической структуры может осуществляться с использованием многокритериальных или однокритериальных подходов последовательно или параллельно с решением задачи параметрического синтеза [1–4]. Развитие технологий передачи и обработки информации,

© Ю.Г. Даник, А.А. Писарчук, С.В. Тимчук, А.В. Лагодный

применение передовых принципов реализации программно-аппаратных решений позволяет использовать прогрессивные методы самоорганизации, итерационного, ситуационного управления структурой и параметрами СМ. Их реализация требует организации обратной связи на уровне оперативного и адекватного многокритериального оценивания результатов ситуационного управления для внедрения методов самоорганизации.

С учетом изложенного **целью** статьи является разработка подхода к многокритериальному оцениванию эффективности ситуационного синтеза самоорганизующейся структуры СМ критических объектов.

Основное содержание статьи

Суть предлагаемого к использованию самоорганизующегося ситуационного управления структурой и параметрами СМ в условиях значительной избыточности информации, динамики изменения и плотности потока КС заключается в следующем. Допустим, что имеет место избыточная структура СМ, статически сформированная из элементов и подсистем разного уровня или же динамически формируемая из доступных структурных составляющих благодаря открытости ее архитектуры. При возникновении конкретной КС по совокупности групп частных критериев отбираются элементы статической структуры СМ, объединяемые в информационно-управляющие кластеры (ИУК) с индивидуальными свойствами. Тогда из-за временной протяженности процессов мониторинга каждой конкретной КС и плотности потока их возникновения формируется и одновременно функционирует множество ИУК в пределах избыточной структуры и (или) доступных для использования элементов СМ. Тем самым достигается пространственно-временное, структурно-параметрическое разнесение отрабатываемых задач по потоку КС на уровне ИУК в пределах единой избыточной структуры СМ. В результате система получает дополнительные свойства многозадачности, многофакторности и многоуровневости, а также способность эффективно функционировать в условиях значительной избыточности информации, динамики изменения и плотности потока КС. По сути реализуется процесс управления структурой и параметрами СМ, а алгоритмизация этого процесса придает системе свойство структурной и параметрической самоорганизации при изменении внешней и внутренней обстановки (ситуаций) [3–6]. Инициатором ситуационного процесса управления и самоорганизации СМ является КС. Далее в автоматизированном режиме итерационно реализуются процессы идентификации КС и формирование ИУК с учетом текущих команд управления высшего уровня, изменений внутренних факторов и внешней обстановки, а также результатов оценивания эффективности синтеза кластера и результатов отработки текущей КС.

Разработка подхода к многокритериальному оцениванию эффективности ситуационного синтеза самоорганизующейся структуры СМ критических объектов требует комплексного решения этапов: формирования групп частных показателей и критериев оптимизации структуры и параметров СМ; синтеза самоорганизующейся математической модели ситуационного управления структурой и параметрами СМ критических объектов.

Формирование групп (категорий) частных показателей и критериев оптимальности структуры и параметров СМ в целом и ИУК в частности реализуется путем решения декомпозиционной задачи установления показателей для каждой структурной единицы СМ с учетом требований эффективности решения целевых задач системой. Реализация этого процесса позволяет выделить группы частных показателей:

1. *Множество показателей технических характеристик* подсистем СМ:

$$TX = \{TX_{TS}, TX_{SNO}, TX_{STO}, TX_{STK}\}, \quad (1)$$

где TX_{TS}, TX_{SNO}, TX_{STO}, TX_{STK} – технические характеристики составляющих СМ: технических средств мониторинга (ТСМ), системы накопления и обработки информации мониторинга (СНОИМ), специального технического оборудования (СТО), системы телекоммуникации (СТК) соответственно. Каждая подсистема СМ характеризуется подмножествами показателей по количеству и типу элементов СМ i -ми индексами в соответствующем обозначении:

$$\begin{aligned} TX_{TS} &= \{TS_{i_{TS}}\},\ i_{TS} = 1...I_{TS}, \\ TX_{SNO} &= \{SNO_{i_{SNO}}\},\ i_{SNO} = 1...I_{SNO}, \\ TX_{STO} &= \{STO_{i_{STO}}\},\ i_{STO} = 1...I_{STO}, \\ TX_{STK} &= \{STK_{i_{STK}}\},\ i_{STK} = 1...I_{STK}. \end{aligned} \quad (2)$$

2. *Показатели функциональной направленности* подсистем СМ, характеризующие их назначение в зависимости от типа, конкретной технической реализации, ОМ и расположенных на них информационных источников, что определяет назначение автоматизированных рабочих мест (АРМ) СНОИМ и т.д.:

$$FN = \{FN_{TS}, FN_{SNO}, FN_{STO}, FN_{STK}\}, \quad (3)$$

где FN_{TS}, FN_{SNO}, FN_{STO}, FN_{STK} – подмножества численных значений (кодовых комбинаций), характеризующих суть функциональной направленности подсистем СМ: ТСМ, СНОИМ, СТО, СТК соответственно в виде:

$$\begin{aligned} FN_{TS} &= \left\{TS_{i_{TS}^{FN}}\right\},\ i_{TS}^{FN} = 1...I_{TS}^{FN}, \\ FN_{SNO} &= \left\{SNO_{i_{SNO}^{FN}}\right\},\ i_{SNO}^{FN} = 1...I_{SNO}^{FN}, \\ FN_{STO} &= \left\{STO_{i_{STO}^{FN}}\right\},\ i_{STO}^{FN} = 1...I_{STO}^{FN}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$FN_{STK}^{FN} = \left\{ STK_{i_{STK}^{FN}} \right\}, \; i_{STK}^{FN} = 1 \ldots I_{STK}^{FN}.$$

Показатели эффективности первой и второй групп относятся к избыточной структуре СМ и являются неизменными в течение существования КС.

3. Показатели функциональной устойчивости СМ. Данная категория является обобщающей для таких свойств: устойчивости; надежности (безотказности); отказоустойчивости; живучести; помехоустойчивости [7]. Под функциональной устойчивостью для распределенной СМ с самоорганизацией процесса ситуационного управления ее структурой и параметрами понимается способность системы выполнять минимальный объем функций для локализации и ликвидации конкретной КС на протяжении ее существования при внешних и внутренних воздействиях на СМ, не предусмотренных нормальной эксплуатацией, осуществлять выбор оптимального режима функционирования за счет ее внутренних ресурсов, перестройки структуры, изменения функций отдельных подсистем, фактически за счет функциональной инвариантности системы к внешним (внутренним) преднамеренным (непреднамеренным), априорно неизвестным воздействиям (сбоям).

Согласно изложенному в терминах показателей функциональной направленности подсистем СМ следует рассматривать структурные и вероятностные показатели функциональной устойчивости.

Структурные показатели функциональной устойчивости системы будут иметь вид ограничений

$$\begin{aligned} FN_{TS} &= \left\{ TS_{i_{TS}^{FN}} \cong TS_{i_{TS}^{FN}+N} \cong \ldots \right\} \geq 2, \\ FN_{SNO} &= \left\{ SNO_{i_{SNO}^{FN}} \cong SNO_{i_{SNO}^{FN}+N} \cong \ldots \right\} \geq 2, \\ FN_{STO} &= \left\{ STO_{i_{STO}^{FN}} \cong STO_{i_{STO}^{FN}+N} \cong \ldots \right\} \geq 2, \\ FN_{STK}^{FN} &= \left\{ STK_{i_{STK}^{FN}} \cong STK_{i_{STK}^{FN}+N} \cong \ldots \right\} \geq 2. \end{aligned} \quad (5)$$

То есть количество элементов множеств, характеризующих подсистемы СМ с пересечением (дублированием) исполняемых функций, например, более чем на 50% для обеспечения функциональной устойчивости, формируемых под возникшую конфликтную ситуацию ИУК СМ, должно быть большим либо равным двум элементам.

Вероятностные показатели функциональной устойчивости отражают наличие горизонтально-вертикальных функциональных и информационных связей между отобранными для формирования ИУК элементами СМ. Конкретика топологии и архитектура системы обеспечения указанных связей – СТК определяет перечень и изменяющимися со временем значения парных вероятностей межэлементных и внутриэлементных связанностей, с контролем заданного порогового уровня:

$$\begin{gathered} P_{TS,\,SNO}(t) > P_{TS,\,SNO}^{Z}, \; P_{TS,\,STO}(t) > P_{TS,\,STO}^{Z}, \\ P_{TS,\,STK}(t) > P_{TS,\,STK}^{Z}, \; P_{SNO,\,STO}(t) > P_{SNO,\,STO}^{Z}, \\ P_{SNO,\,STK}(t) > P_{SNO,\,STK}^{Z}, \\ P_{STO,\,STK}(t) > P_{STO,\,STK}^{Z}. \end{gathered} \quad (6)$$

Зависимость от временного фактора показателей функциональной устойчивости обусловлена последовательно-параллельным функционированием на избыточной структуре СМ: множества ИУК, воздействием внешних и внутренних факторов.

4. Показатели эффективности выполнения целевых задач эргатической составляющей СМ: оперативного состава СНОИМ, операторов ТСМ, обслуживающего персонала СТО. Данные показатели эффективности будем рассматривать как обобщенную числовую комбинацию, характеризующую эффективность работы человека-оператора, определяемую его функциональной пригодностью (подготовленностью), физиологическими особенностями, текущим психофизическим состоянием и т. д. Данная категория показателей эффективности представлена надежностью оперативного состава P_{OS} – произведением вероятности безотказной работы каждого оператора АРМ и другого персонала [8, 9] для конкретного временного интервала, соотнесенного ко времени существования текущей КС:

$$\begin{gathered} P_{OS}(t) = 1 - \prod_{i=1}^{N} \left(1 - P_{OP\,i}(t)\right), \\ P_{OP\,i}(t) = K_{OP\,i}(t) P_{\Phi\,i}(t) P_{\psi\,i}(t), \end{gathered} \quad (7)$$

где $P_{OP\,i}(t)$ – вероятность безотказной работы i-го оператора (по количеству АРМ $i = 1 \ldots N$) в течение времени t; $K_{OP\,i}(t)$ – коэффициент готовности i-го оператора, равный вероятности приема информации в произвольный момент времени t; $P_{\Phi\,i}(t)$ – биологическая надежность, определяемая в том числе функциональной пригодностью, равная вероятности отсутствия Φ отказов у i-го оператора в течение времени t; $P_{\psi\,i}(t)$ – психофизиологическая надежность (безошибочность) работы i-го оператора за время t.

5. Показатели инженерно-психологической оценки эффективности СМ [8] объединяют и отражают совокупность требований по обеспечению эффективной работы эргатической компоненты (оператора) в системе человек–машина, в том числе условий среды, эргономических показателей рабочего места, уровня автоматизации работы оператора, эргономических показателей программного обеспечения АРМ и т. д.

Показатели, характеризующие условия среды работы оператора – множество SR, включающее: оценку негативного действия природных факторов (некомпенсируемые (некомпенсированные) эргономикой АРМ) SR_{PF}; уровень напряженности внешней психофизической ситуации (повседневная деятельность, повышенная опасность, риск для жизни) SR_{VS}; уровень напряженности отрабатываемой КС (в зависимости от ее типа и режима функционирования СМ) SR_{KC}:

$$SR = \{SR_{PF}, SR_{VS}, SRF_{KC}\}. \quad (8)$$

Показатели автоматизации работы оператора (разделение функций между оператором и машиной) характеризуются отношением количества функций, выполняемых оператором в штатном N_{SH}, повышенной готовности N_{PG}, кризисном N_{KR} и посткризисном N_{PK} режимах функционирования СМ, соотнесенных к общему количеству функций, необходимых для выполнения системой вообще в указанных режимах: SN_{SH}, SN_{PG}, SN_{KR}, SN_{PK}, – что определяется обобщенным показателем

$$AR = \left(\frac{N_{SH}}{SN_{SH}} + \frac{N_{PG}}{SN_{PG}} + \frac{N_{KR}}{SN_{KR}} + \frac{N_{PK}}{SN_{PK}}\right). \quad (9)$$

6. Экономические показатели отражают финансовые расходы, разделенные на капиталовложения и текущие. Их разноразмерность обуславливает необходимость использования обобщенного показателя приведенных расходов

$$S_{PR} = C + E_N K, \quad (10)$$

где C – текущие расходы за некоторый промежуток времени; E_N – нормативный коэффициент экономической эффективности, его величина для рентабельной экономики составляет $E_N \geq 0{,}12$ [8]; K – величина капиталовложений в выбранной валютной единице.

Капиталовложения отражают: финансовые расходы на реализацию полного цикла научно-технического проектирования и сопровождения, разработку, испытания, изготовление, внедрение и серийное производство технических составляющих СМ, а также системы в целом – K_{RS}; проведение аналогичных работ применительно к программному обеспечению СМ – K_{RP}; затраты на подготовку обслуживающего и эксплуатирующего персонала для СМ – K_{PodP}.

Текущие расходы направлены на текущее обслуживание и поддержание в требуемом состоянии технических и программных компонент СМ соответственно – C_{TOS}, C_{TOP} (в том числе на модернизацию и ремонт), а также расходы на переподготовку и повышение квалификации эксплуатирующего персонала СМ – C_{PodP}.

С учетом декомпозиционных пояснений имеем

$$\begin{aligned} K &= K_{RS} + K_{RP} + K_{PodP}, \\ C &= C_{TOS} + T_{TOP} + C_{PodP}. \end{aligned} \quad (11)$$

7. Пропускная способность СМ характеризует способность системы последовательно-параллельно обрабатывать поток КС. Это достигается и обеспечивается избыточностью структуры системы. В первом приближении будем полагать, что одновременно один комплекс составляющих СМ в конкретный момент времени обеспечивает обработку одной КС, а наращивание структуры СМ обеспечивает линейный рост ее пропускной способности. С учетом сказанного имеем зависимость пропускной способности СМ $PSp(N)$ от количества i-х элементов в СМ N в виде

$$PSp(N) = PSp \cdot N. \quad (12)$$

Таким образом, имеем перечень групп частных показателей оптимальности, применимых для структурно-параметрического синтеза, используемый далее для синтеза самоорганизующейся математической модели ситуационного управления структурой и параметрами СМ критических объектов, а оценивания эффективности результатов синтеза.

Далее временной параметр возникновения, модификации и развития КС t будем рассматривать в дискретной форме, привязанной к фактам возникновения, модификации и развития i-й КС из их потока с циклом реконфигурирования СМ для каждого ИУК в зависимости от режимов их функционирования. Таким образом, параметр N_{KS} характеризует признак конкретной КС, а t – совокупность дискретных событий возникновения, модификации и развития текущей ситуации, отражаемые в режимах функционирования ИУК, обуславливаемых их реконфигурирование в пределах этой КС.

Сформированные показатели позволяют обобщить их в виде критериальных требований к ситуационному синтезу самоорганизующегося ИУК для конкретной КС, временных характеристик ее возникновения и развития:

$$TX(N_{KS}) = \begin{cases} TS_{i_{TS}}(N_{KS}) \to \max, \\ SNO_{i_{SNO}}(N_{KS}) \to \max, \\ STO_{i_{STO}}(N_{KS}) \to \max, \\ STK_{i_{STK}}(N_{KS}) \to \max, \end{cases}$$

$$FN(N_{KS}) = \begin{cases} TS_{i_{TS}^{FN}}(N_{KS}) \to \max, \\ SNO_{i_{SNO}^{FN}}(N_{KS}) \to \max, \\ STO_{i_{STO}^{FN}}(N_{KS}) \to \max, \\ STK_{i_{STK}^{FN}}(N_{KS}) \to \max, \end{cases} \quad (13)$$

$$FN_N(t)=\begin{cases} FN_{TS}(t)\to\ \max, FN_{SNO}(t)\to\ \max, \\ FN_{STO}(t)\to\ \max, FN_{STK}^{FN}(t)\to\ \max, \end{cases}$$

$$P_N(t)=\begin{cases} P_{TS,\,SNO}(t)\to\ \max, \\ P_{TS,\,STO}(t)\to\ \max, \\ P_{TS,\,STK}(t)\to\ \max, \\ P_{SNO,\,STO}(t)\to\ \max, \\ P_{SNO,\,STK}(t)\to\ \max, \\ P_{STO,\,STK}(t)\to\ \max, \end{cases} \qquad (14)$$

$$FnN(t)=\begin{cases} FN_N(t)\to\ \min, \\ P_N(t)\to\ \min, \end{cases}$$

$$P_{OP\,i}(t)=\begin{cases} K_{OP\,i}(t)\to\ \max, \\ P_{\Phi\,i}(t)\to\ \max, \\ P_{\psi\,i}(t)\to\ \max, \end{cases} \qquad (15)$$

$$P_{OS}(t)=1-\prod_{i=1}^{N}\left(1-P_{OP\,i}(t)\right)\to\ \max,$$

$$P_{OP\,i}(t)=K_{OP\,i}(t)P_{\Phi\,i}(t)P_{\psi\,i}(t)\to\ \max,$$

$$SR(t)=\begin{cases} SR_{PF}(t)\to\ \min, \\ SR_{VS}(t)\to\ \min, \\ SR_{KC}(t)\to\ \min, \end{cases}$$

$$AR(t)=\begin{cases} N_{SH}(t)SN_{SH}(t)^{-1}\to\ \min, \\ N_{PG}SN_{PG}(t)^{-1}\to\ \min, \\ N_{KR}SN_{KR}(t)^{-1}\to\ \min, \\ N_{PK}SN_{PK}(t)^{-1}\to\ \min \end{cases} \qquad (16)$$

$$IPO(t)=\begin{cases} SR(t)\to\ \min, \\ AR(t)\to\ \min, \end{cases}$$

$$AR(t)=\left(\begin{array}{l} \dfrac{N_{SH}(t)}{SN_{SH}(t)}+\dfrac{N_{PG}(t)}{SNPG(t)}+ \\ +\dfrac{N_{KR}(t)}{SN_{KR}(t)}+\dfrac{N_{PK}(t)}{SN_{PK}(t)}\to\min \end{array}\right).$$

Модифицированные обозначения в (18) – (21) касаются введения в качестве аргумента номера (типономинала – классификационного признака) КС N_{KS} для функциональных зависимостей групп показателей и критериев технических характеристик подсистем СМ и функциональной направленности подсистем СМ, а также временного параметра, характеризующего возникновение, модификацию и развитие КС для показателей инженерно-психологической оценки эффективности СМ.

Сформированный таким образом перечень критериальных требований к ситуативному формированию структуры ИУК и его самоорганизации является конфликтным и учитывает изменение требований к СМ с учетом модификации и развития КС, изменения характеристик и возможностей технической составляющей СМ, а также психофизиологического состояния эргатической компоненты системы мониторинга, формирующих ИУК с индивидуальными особенностями. Таким образом имеет место многокритериальная задача синтеза структуры сложной системы. По сути учет всех групп сформированных критериев обеспечивает комплексное решение задачи ситуативного структурно-параметрического синтеза ИУК на множестве элементов избыточной структуры СМ.

Синтез самоорганизующейся математической модели ситуационного управления структурой и параметрами СМ критических объектов реализуется методом сведения многокритериальной оптимизационной задачи к единому функционалу с иерархичной агрегацией частных критериев (по принципу вложенности) в пределах выделенных групп с использованием дискретной свертки по нелинейной схеме компромиссов [10]:

$$Y(y_0)=\sum_{l=1}^{b}\gamma_{0l}(1-y_{0l})^{-1}\to\ \min. \qquad (17)$$

В (17) приняты обозначения: $l=1...b$ – количество включенных в свертку частных критериев оптимальности; γ_{0l} – нормированный весовой коэффициент; y_{0l} – нормированный частный критерий оптимальности.

Нормировка текущих значений весовых коэффициентов γ_l и частных критериев оптимальности осуществляется отдельно для минимизируемых y_{0l}^{min} и максимизируемых y_{0l}^{max} в соответствии с выражениями:

$$\gamma_{0l}=\gamma_l\left[\sum_{l=1}^{b}\gamma_l\right]^{-1},$$

$$y_{0l}^{min}=y_l^{min}\left[\left[\sum_{i=1}^{N}y_{li}^{min}\right]\right]^{-1}, \qquad (18)$$

$$y_{0l}^{max}=\left(y_l^{max}\left[\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{y_{li}^{max}}\right]\right)^{-1}.$$

Для вложенных сверток реализуется их иерархическая нормировка относительно наихудшего варианта компоновки значений, описывающих дискретное изменение частных критериев оптимальности, в соответствии с выражениями:

$$F_0=\frac{F}{\max F},$$

$$\max F=\sum_{l=1}^{k}\gamma_{l0}(1-[\max F_l-\Delta])^{-1}, \qquad (19)$$

где F обозначает интегральные для некоторого уровня иерархии принципа вложенных критериев агрегации;

Δ – коэффициент запаса, обеспечивающий устранения некорректных операций при нормировке.

Синтез самоорганизующейся математической модели ситуационного управления структурой и параметрами СМ критических объектов реализуется на уровне формирования ИУК в пределах известной избыточной структуры СМ. Данный процесс осуществляется в предположении наличия образа КС с требованиями к ИУК (формуляр КС [6]). Такая информация содержится в эволюционирующей базе данных СМ, изменение и дополнение которой осуществляется из опыта ее практической эксплуатации. При этом ситуационный синтез кластера реализуется по требованию максимального приближения, а не полного соответствия синтезируемой структуры ИУК к его образу-формуляру. Следовательно, формуляр КС является аттрактором для ИУК. В данном случае самоорганизация сложной системы (которая удовлетворяет всем требованиям для существования этого свойства [11]) выражается в динамичности процесса синтеза ИУК во времени, синхронизированным с процессом возникновения, модификации и развития КС. Таким образом, эволюция ИУК проявляется в изменении его структурно-параметрических свойств при изменении значений внутренних показателей, вызванных внешними и внутренними факторами, а также развитием потока КС. Синтез ИУК реализуется по множеству частных критериев (13) – (16) с дискретным способом их описания путем сведения многокритериальной задачи к единому функционалу по свертке (17). Нормировка включаемых в свертку критериев осуществляется по (18), (19). Варьируемым и оптимизируемым параметром, используемым далее в качестве аргументов критериальных дискретных функций (13) – (16), принимается количество i -х элементов подсистем базовых модулей ИУК – N. Указанный перечень частных критериев дополним ограничивающим требованием пропускной способности ИУК. Для кластера достаточно иметь возможность обработки одной конкретной КС, при этом обработку их потока обеспечивает процедура реконфигурации СМ для выделения конкретного кластера. То есть пропускная способность ИУК с требованием ее минимизации (но с обработкой не менее одной КС) обеспечивает максимизацию пропускной способности СМ в целом, что в принятых обозначениях (12) имеет вид

$$PSp_{iIUK}(N) = 1 - PSp(N)^{-1} \to \min. \qquad (20)$$

С учетом изложенного получим интегрированный критерий для ИУК:

$$\begin{aligned} F_{iTS}(t,N_{KS},N) &= \gamma_{i10}^{TS}\left(1 - TS_{i_{TS}0}(N_{KS},N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{TS}\left(1 - TS_{i_{TS}^{FN}0}(N_{KS},N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{TS}\left(1 - FN_{TS0}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{TS}\left(1 - P_{OP\,i0}^{SNO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{TS}\left(1 - IPO_{iTS0}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned} \qquad (21)$$

$$\begin{aligned} IPO_{iTS}(t,N) &= \gamma_{i10}^{TS}\left(1 - SR_{iPF0}^{TS}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{TS}\left(1 - SR_{iVS0}^{TS}(t,N)\right)^{-1} + \gamma_{i30}^{TS}\left(1 - SR_{iKS0}^{TS}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{TS}\left(1 - AR_{i0}^{TS}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{iSNO}(t,N_{KS},N) &= \gamma_{i10}^{SNO}\left(1 - SNO_{i_{SNO}0}(N_{KS,N})\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{SNO}\left(1 - SNO_{i_{SNO}^{FN}0}(N_{KS},N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{SNO}\left(1 - FN_{SNO0}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{SNO}\left(1 - P_{OP\,i0}^{SNO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{SNO}\left(1 - IPO_{iSNO0}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned} \qquad (22)$$

$$\begin{aligned} IPO_{iSNO}(t,N) &= \gamma_{i10}^{SNO}\left(1 - SR_{iPF0}^{SNO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{SNO}\left(1 - SR_{iVS0}^{SNO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{SNO}\left(1 - SR_{iKS0}^{SNO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{SNO}\left(1 - AR_{i0}^{SNO}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{iSTO}(t,N_{KS},N) &= \gamma_{i10}^{STO}\left(1 - STO_{i_{STO}0}(N_{KS,N})\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{STO}\left(1 - STO_{i_{STO}^{FN}0}(N_{KS},N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{STO}\left(1 - FN_{STO0}(t,N)\right)^{-1} + \gamma_{i20}^{STO}\left(1 - P_{OP\,i0}^{STO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &\gamma_{i20}^{STO}\left(1 - IPO_{iSTO0}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned} \qquad (23)$$

$$\begin{aligned} IPO_{iSTO}(t,N) &= \gamma_{i10}^{STO}\left(1 - SR_{iPF0}^{STO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{STO}\left(1 - SR_{iVS0}^{STO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{STO}\left(1 - SR_{iKS0}^{STO}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{STO}\left(1 - AR_{i0}^{STO}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{iSTK}(t,N_{KS},N) &= \gamma_{i10}^{STK}\left(1 - STK_{i_{STK}0}(N_{KS,N})\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{STK}\left(1 - STK_{i_{STK}^{FN}0}(N_{KS},N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{STK}\left(1 - FN_{STK0}(t,N)\right)^{-1} + \gamma_{i20}^{STK}\left(1 - P_{OP\,i0}^{STK}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{STK}\left(1 - IPO_{iSTK0}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned} \qquad (24)$$

$$\begin{aligned} IPO_{iSTK}(t,N) &= \gamma_{i10}^{STK}\left(1 - SR_{iPF0}^{STK}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{STK}\left(1 - SR_{iVS0}^{STK}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{STK}\left(1 - SR_{iKS0}^{STK}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i30}^{STK}\left(1 - AR_{i0}^{STK}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{iN}(t,N) &= \gamma_{i10}^{P}\left(1 - P_{TS,\,SNO0}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i20}^{P}\left(1 - P_{TS,\,STO0}(t,N)\right)^{-1} + \gamma_{i30}^{P}\left(1 - P_{TS,\,STK0}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i40}^{P}\left(1 - P_{SNO,\,STO0}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i50}^{P}\left(1 - P_{SNO,\,STK0}(t,N)\right)^{-1} + \\ &+ \gamma_{i60}^{P}\left(1 - P_{STO,\,STK0}(t,N)\right)^{-1} \to \min, \end{aligned} \qquad (25)$$

$$\begin{aligned}\Omega_{iBM}(t,N_{KS},N) &= \gamma_{10}\left(1-F_{iTS0}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{20}\left(1-F_{iSNO0}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{30}\left(1\quad F_{iSTO0}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{40}\left(1-F_{iSTK0}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{50}\left(1-P_{iN0}(t,N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{60}\left(1-PSp_{iIUK0}(N)\right)^{-1}\to \min.\end{aligned} \tag{26}$$

В сформированной таким образом модели синтеза ИУК (26) учтены: характеристики, возможности и свойства базового модуля избыточной структуры кластера; подготовленность и динамика изменения состояния эргатической составляющей – оперативного состава СМ; изменения внешних и внутренних условий функционирования СМ; процессы возникновения, модификации и развития КС. Формуляр (образ) КС формируется аналогично модели (26):

$$\begin{aligned}\Omega_{BM}^{KSi}(t,N_{KS},N) &= \gamma_{10}\left(1-F_{iTS0}^{KS}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{20}\left(1-F_{iSNO0}^{KS}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{30}\left(1-F_{iSTO0}^{KS}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{40}\left(1-F_{iSTK0}^{KS}(t,N_{KS},N)\right)^{-1}+\\ &+\gamma_{50}\left(1-P_{iN0}^{KS}(t,N)\right)^{-1}+\gamma_{60}\left(1-PSp_{iIUK0}^{KS}(N)\right)^{-1}\to \min.\end{aligned} \tag{27}$$

Решение о выборе элементов для синтеза ИУК осуществляется для N, при котором выполняется условие

$$\frac{\Omega_{iBM}(t,N_{KS},N)}{\Omega_{BM}^{KSi}(t,N_{KS},N)}\to \min. \tag{28}$$

Самоорганизация математической модели (26) ситуационного структурно-параметрического синтеза ИУК проявляется во времени и заключается в последовательном приближении структуры кластера к аттрактору (27) с развитием конкретной КС и реализацией процесса обработки в СМ потока кризисных ситуаций. Формирование ИУК по модели (26) предполагает многокритериальный выбор базового модуля СМ со свойствами, наиболее близкими к аттрактору системы – образу. Учет каких-либо изменений в свойствах, характеристиках или загруженности отдельных элементов конкретного кластера учитывается в изменении значений показателей, характеризующих критериальные требования к синтезу, вплоть до замены конкретных значений наихудшим вариантом их реализации. Процесс реконфигурации СМ для синтеза ИУК по модели (26) следует проводить для каждого момента возникновения новой КС, но с учетом приоритета их обработки, степени напряженности ситуации, а также режима функционирования ИУК и СМ в целом.

Многокритериальное оценивание эффективности ситуационного синтеза самоорганизующейся структуры СМ критических объектов реализуется по обобщенным критериальным требованиям, входящим в модель (26) и ее сопоставлению с требованиями формуляра текущей КС (27). Ранее отмечалось, что строгого равенства между свойствами формируемого ИУК и требованиями формуляра КС не будет, что обусловлено воздействием внешних и внутренних факторов, а также уникальностью изменяющихся со временем свойств кризисной ситуации. Поэтому оценивание эффективности будем производить с контролем приближения динамически изменяющейся интегральной оценки самоорганизующейся системы к аттрактору – образу КС. Реализовать это предлагается в виде круговой диаграммы эволюции ИУК в пределах избыточной структуры СМ. Координатной привязкой диаграммы будут показатели:

$$\begin{aligned}&F_{iTS0}(t,N_{KS},N) \text{ и } F_{iTS0}^{KS}(t,N_{KS},N),\\ &F_{iSNO0}(t,N_{KS},N) \text{ и } F_{iSNO0}^{KS}(t,N_{KS},N),\\ &F_{iSTO0}(t,N_{KS},N) \text{ и } F_{iSTO0}^{KS}(t,N_{KS},N),\\ &F_{iSTK0}(t,N_{KS},N) \text{ и } F_{iSTK0}^{KS}(t,N_{KS},N),\\ &P_{iN0}(t,N) \text{ и } P_{iN0}^{KS}(t,N),\ PSp_{iIUK0}(N) \text{ и}\\ &PSp_{iIUK0}^{KS}(N).\end{aligned} \tag{29}$$

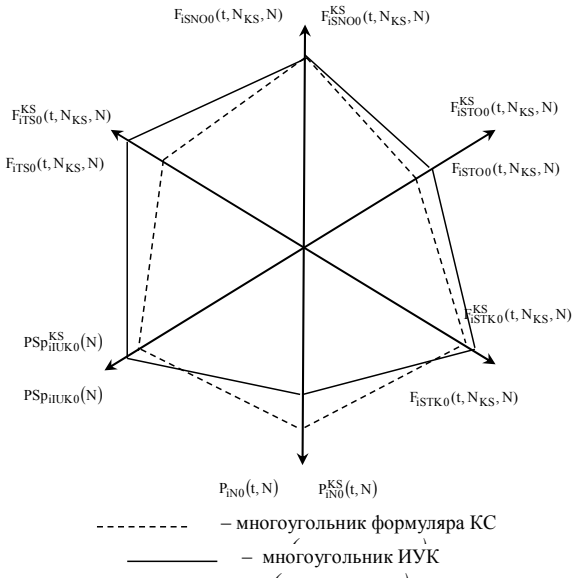
Показателем эффективности синтеза ИУК принимается абсолютное значение разность площадей фигур, ограничиваемых координатами обобщенных показателей ИУК и формуляра КС (29), который определяется в соответствии с выражением:

$$\Delta_i(t,N_{KS},N)=\left|\begin{matrix}S_{IUKi}(t,N_{KS},N)-\\-S_{KSi}(t,N_{KS},N)\end{matrix}\right|,$$

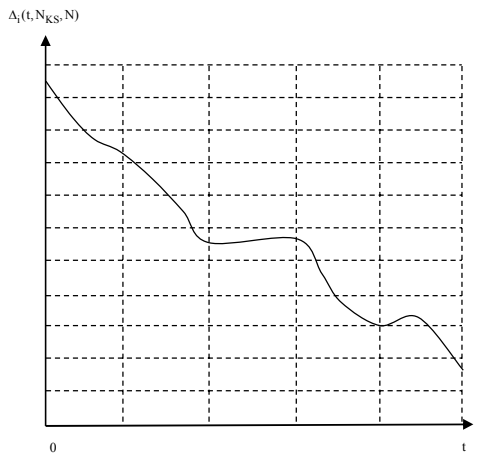
$$S_{IUKi}(t,N_{KS},N)=\frac{\sqrt{3}}{4}\begin{pmatrix}PSp_{iIUK0}(N)F_{iTS0}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iTS0}(t,N_{KS},N)**F_{iSNO0}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iSNO0}(t,N_{KS},N)**F_{iSTO0}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iSTO0}(t,N_{KS},N)**F_{iSTK0}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iSTK0}(t,N_{KS},N)**P_{iN0}(t,N)+\\+P_{iN0}(t,N)PSp_{iIUK0}(N)\end{pmatrix}, \tag{30}$$

$$S_{KSi}(t,N_{KS},N)=\frac{\sqrt{3}}{4}\begin{pmatrix}P_{iN0}^{KS}(t,N)F_{iTS0}^{KS}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iTS0}^{KS}(t,N_{KS},N)**F_{iSNO0}^{KS}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iSNO0}^{KS}(t,N_{KS},N)**F_{iSTO0}^{KS}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iSTO0}^{KS}(t,N_{KS},N)**F_{iSTK0}^{KS}(t,N_{KS},N)+\\+F_{iSTK0}^{KS}(t,N_{KS},N)**P_{iN0}^{KS}(t,N)+\\+PSp_{iIUK0}^{KS}(N)P_{iN0}^{KS}(t,N)\end{pmatrix}.$$

В результате получим диаграмму эволюции ИУК в виде рис.1 а.



а)



б)

Рис. 1. Фазовое пространство и фазовая траектория ИУК

Эффективность ситуационного синтеза ИУК тем выше, чем меньше величина $\Delta_i(t, N_{KS}, N)$. Числовое значение показателя эффективности возможно интерпретировать в лингвистическую характеристику согласно фундаментальной шкалы соответствия, например, вида, указанного в [12]. В терминах синергетики диаграмма эволюции ИУК образует фазовое пространство синтезируемого кластера, а изменение конфигурации *многоугольника ИУК* относительно *многоугольника формуляра КС (многоугольник аттрактора)* представляет собой фазовый портрет ИУК. В то же время изменяющийся во времени параметр $\Delta_i(t, N_{KS}, N)$ отражает эволюцию ИУК в самоорганизации и приближение к аттрактору (формуляру КС), что представляет собой фазовую траекторию кластера (см. рис.1 б). Изменения фазовой траектории характеризуют реконфигурацию ИУК в дискретные моменты времени соответственно режимам и потоку КС. Таким образом, введенная обобщающая оценка эффективности ситуационного синтеза структуры СМ критических объектов на уровне ИУК по параметру $\Delta_i(t, N_{KS}, N)$ позволяет оценивать как статические, так и динамические свойства синтезируемого кластера в термитах теории сложных систем, используемых для реализации анализа и синтеза, методов многокритериального анализа и синергетических подходов.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Для реализации процесса структурно-параметрического синтеза систем мониторинга как сложной распределенной эргатической информационно-управляющей системы предложен перечень показателей и критериев эффективности. Сформированный перечень учитывает и обеспечивает ситуационный синтез СМ критических объектов на уровне ИУК, а также оценивание эффективности этого процесса. Это свидетельствует о достаточной полноте учета факторов, характеризующих систему мониторинга в статическом и динамическом режимах по техническим характеристикам программно-аппаратных элементов и подсистем их функциональности, свойств эргатической компоненты, требования функциональной надежности, эргономичности, пропускной способности и группы экономических показателей.

Предложенная математическая модель ситуационного структурно-параметрического синтеза СМ на уровне ИУК имеет свойство самоорганизации, которое проявляется во времени и заключается в последовательном приближении структуры кластера к аттрактеру с развитием конкретной КС и обработке их потока. Формирование ИУК предполагает многокритериальный выбор элементов и подсистем из избыточной структуры СМ со свойствами, наиболее близкими к аттрактору системы – образу КС. Изменения в свойствах, характеристиках и загруженность отдельных элементов кластеров учитывается в изменении значений показателей, характеризующих критериальные требования к синтезу, вплоть до замены конкретных значений наихудшим вариантом их реализации. Процесс реконфигурации СМ для синтеза ИУК следует проводить для каждого момента возникновения новой КС, но с учетом приоритета их обработки, степени напряженности ситуации, а также режима функционирования СМ в целом.

Оценивание эффективности ситуационного синтеза структуры СМ критических объектов предложено реализовать по обобщенным критериальным требованиям, входящим в модель (26) и ее сопоставление с требованиями формуляра текущей КС (27). Графическое отображение

процесса оценивания реализуется в форме круговой диаграммы эволюции ИУК, а обобщенным показателем эффективности синтеза ИУК принимается абсолютное значение разности площадей фигур, ограничиваемых координатами обобщенных показателей ИУК и формуляра КС. Диаграмма эволюции ИУК образует фазовое пространство синтезируемого кластера, а изменение ее конфигурации представляет собой фазовый портрет кластера. Изменяющийся во времени обобщенный показатель эффективности отражает эволюцию ИУК в самоорганизации и приближение к аттрактору в виде фазовой траектории кластера. Таким образом, обобщающая оценка эффективности ситуационного синтеза структуры ИУК позволяет оценивать как статические, так и динамические свойства синтезируемого кластера в термитах теории сложных систем, используемых для реализации анализа и синтеза, методов многокритериального анализа и синергетических подходов.

Литература

1. Моніторинг об'єктів в умовах апріорної невизначеності джерел інформації. Теорія та практика : Монографія / Ю. Я. Бобало, Ю. Г. Даник, Л. О. Комарова та ін. – Львів : Коло, 2014. – 235 с. **2. Морозов А. О.** Ситуаційні центри. Теорія і практика : Збірник статей / А. О. Морозов, Г. Є. Кузьменко, В. А. Литвинов. – К. : Вид-во СП "Інтертехнодрук", 2009. – 346 с. **3. Даник Ю. Г.** Ситуативный синтез автоматизированной системы сбора и обработки информации / Ю. Г. Даник, А. А. Писарчук, С. В. Тимчук // Кибернетика и вычислительная техника. – 2015. – Вып. 181. – С. 23–34. **4. Даник Ю. Г.** Математичне забезпечення автоматизованої системи збору та обробки інформації від технічних засобів моніторингу / Ю. Г. Даник, О. О. Писарчук, С. В. Тимчук // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2015. – № 2 (27). – С. 44–53. **5. Писарчук О. О.** Методика багатокритеріальної оцінки ефективності процесів функціонування та використання складних інформаційних систем / О. О. Писарчук // Защита информации : сб. науч. трудов НАУ. – 2009. – Вып. 16. – С. 284–289. **6. Даник Ю. Г.** Методика структурно-параметрического синтеза сложной эргатической распределенной информационно-управляющей системы реагирования на конфликтные ситуации / Ю. Г. Даник, А. А. Писарчук // Проблемы управления и информатики. – 2014. – № 2. – С. 80–101. **7. Барабаш О. В.** Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О. В. Барабаш. – К. : Вид-во НАОУ, 2004. – 226 с. **8. Инженерная** психология / Г. К. Середа, С. П. Бочарова, Г. В. Репкина, Б. А. Смирнова. – К. : Вища школа, 1976. – 308 с. **9. Горго Ю. П.** Психофізіологія (прикладні аспекти) / Ю. П. Горго. – К. : Вид-во МАУП, 1999. – 123 с. **10. Сложные** технические и эргатические системы: метод использования / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиатдинов, А. В. Харченко, В. В. Осташевский – Х. : Факт, 1997. – 240 с. **11. Ивахненко А. Г.** Принятие решений на основе самоорганизации / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Зайченко, В. Д. Дмитриев. – М. : Сов. радио, 1979. – 280 с. **12. Писарчук О. О.** Нелінійне та багатокритеріальне моделювання процесів у системах керування рухом : Монографія / О. О. Писарчук, В. П. Харченко – К. : Ін-т обдарованої дитини, 2015. – 248 с.

БАГАТОКРИТЕРІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИТУАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ САМООРГАНІЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ КРИТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Юрій Григорович Даник *(д-р техн. наук, професор)*
Олексій Олександрович Писарчук *(д-р техн. наук, професор)*
Сергій Віталійович Тимчук
Олександр Васильович Лагодний

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир, Україна

У статті запропоновано підхід до реалізації багатокритеріального оцінювання ефективності процесу ситуаційного синтезу самоорганізованої структури систем моніторингу критичних об'єктів. Оцінювання ефективності реалізується за сукупністю декількох категорій частинних критеріїв оптимальності, які характеризують всі елементи системи моніторингу, оперативний склад, зовнішні фактори і вимоги до функціональної надійності. Запропонований підхід дозволяє сформувати фазовий простір і фазовий портрет самоорганізації структури системи моніторингу. Використовується комплексне рішення етапів до багатокритеріального оцінювання ефективності ситуаційного синтезу самоорганізованої структури, яке ґрунтується на: формуванні груп частинних показників і критеріїв оптимізації структури і параметрів системи моніторингу; синтезі самоорганізованої математичної моделі ситуаційного управління структурою і параметрами системи критичних об'єктів. Узагальнена оцінка ефективності ситуаційного синтезу структури інформаційно-керуючих кластерів дає можливість аналізувати як статистичні, так і динамічні властивості синтезованого кластера в термітах теорії складних систем, які використовуються для реалізації аналізу і синтезу, методів багатокритеріального аналізу і синергетичних підходів.

Ключові слова: *моніторинг; самоорганізація; багатокритеріальний; оцінювання; система; синергетика.*

MULTICRITERIA EVALUATION OF THE SITUATIONAL SYNTHESIS EFFECTIVENESS OF THE SELF-ORGANIZING STRUCTURE OF THE CRITICAL FACILITIES MONITORING SYSTEMS

Yurii H. Danyk *(Doctor of Technical Sciences, Professor)*

Oleksii O. Pysarchuk ***(Doctor of Technical Sciences, Professor)***
Serhii V. Tymchuk
Oleksandr V. Lahodnyi

Zhytomyr Military Institute named after S. P. Koroljov, Zhytomyr, Ukraine

The article proposed approach to implementing multi situational assessment of the efficiency of the synthesis of self-organized structure of monitoring critical facilities. Measuring performance is realized by the combination of several categories of partial optimality criteria that characterize all the elements of the monitoring system, operational staff, external factors and requirements for functional reliability. The approach allows to form the phase space and phase structure of self-portrait of the monitoring system. Used stages complete solution for evaluating the effectiveness of multi situational synthesis of self-organized structure that is based on: the formation of groups of partial indicators and criteria structure optimization and parameter monitoring system; synthesis of self-organized mathematical model of situational management structure and system parameters critical facilities. Summarized evaluation of the effectiveness of situational structure synthesis information management clusters makes it possible to assess the statistical and dynamical properties of synthesizing a termite cluster theory of complex systems that are used to implement analysis and synthesis techniques of multi analysis and synergetic approach.

Keywords: *monitoring; self-organizing; multi effectiveness; evaluation; system; synergetic.*

References

1. Bobalo Yu.Ya., Danyk Yu.G., Komarova L.O. and other (2014), Monitoring of objects in conditions of a priori uncertainty sources. Theory and Practice : Monograph. [*Monitorynh obiektiv v umovakh apriornoi nevyznachenosti dzherel informatsii. Teoriia ta praktyka: Monohrafiia*], Kolo, Lviv, 235 p. **2. Morozov A.O.,** Kuzmenko G.Ye., Lytvynov V. A. (2009), The situational centres. The theory and practice: the collection of articles. [*Sytuatsiyni tsentry. Teoriya i praktyka : zbirnyk statey*], Vydavnyctvo SP "Intertehnodruk", Kyiv, 223 p. **3. Danyk Yu.G.,** Pysarchuk A.A., Tymchuk S.V. (2015), Situational synthesis automated system for collecting and processing information. [*Situativnyiy sintez avtomatizirovannoy sistemyi sbora i obrabotki informatsii*], Kibernetika i vyichislitelnaya tehnika, Vyip. 181, pp. 23–34. **4. Danyk Yu. G.,** Pysarchuk O.O., Tymchuk S.V. (2015), Software of the automated system for the collection and processing of technical means of monitoring. [*Matematychne zabezpechennia avtomatyzovanoi systemy zboru ta obrobky informatsii vid tekhnichnykh zasobiv monitorynhu*], Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony No. 2 (27), pp. 44–53. **5. Pysarchuk O.O.** (2009), Methods multi assess the effectiveness of the functioning and use complex information systems. [*Metodyka bahatokryterialnoi otsinky efektyvnosti protsesiv funktsionuvannia ta vykorystannia skladnykh informatsiinykh system*], Zashchyta ynformatsyy, sb. nauch. trudov NAU, No. 16, pp. 284–289. **6. Danyk Yu.G.,** Pysarchuk A.A. (2014) Methods of structural and parametric synthesis of complex ergatic distributed information management system for responding to conflict situations. [*Metodika strukturno-parametricheskogo sinteza slozhnoy ergaticheskoy raspredelennoy informatsionno-upravlyayuschey sistemyi reagirovaniya na konfliktnyie situatsii*], Problemyi upravleniya i informatiki, No. 2, pp. 80–101. **7. Barabash O.V.** (2004) Construction of functional stability of distributed information systems. [*Postroenie funktsionalno ustoychivyih raspredelennyih informatsionnyih system*], Vyd-vo NAOU, Kiev, 226 p. **8. Sereda G.K.,** Bocharova S.P., Repkina G.V., Smirnova B.A. (1976) Engineering psychology. [*Inzhenernaya psihologiya*], Vischa shkola, Kiev, 308 p. **9. Horho Yu.P.** (1999) Psychophysiology (applied aspects). [*Psykhofiziolohiia (prykladni aspekty)*], Vyd-vo MAUP, Kiev, 123 p. **10. Voronin A.N.,** Ziatdinov Yu.K., Harchenko A. V., Ostashevskiy V. V. (1997) Complicated technical systems and ergatic : use method. [*Slozhnyie tehnicheskie i ergaticheskie sistemyi: metod ispolzovaniya*], Fakt, H., 240 p. **11. Ivahnenko A.G.,** Zaychenko Yu.P., Dmitriev V.D. (1979) The adoption of decisions on the basis of self-organization. [*Prinyatie resheniy na osnove samoorganizatsii*], Sov. radio, M., 280 p. **12. Pysarchuk O.O.,** Kharchenko V.P. (2015) Nonlinear Modeling and multi processes in motion control systems : Monograph [*Neliniine ta bahatokryterialne modeliuvannia protsesiv u systemakh keruvannia rukhom: (Monohrafiia)*], In-t obdarovanoi dytyny, Kiev, 248 p.

Отримано: 11.03.2016 року.