

УДК 623.765

Ю.А. Царев<sup>1</sup>, А.Г. Мельников<sup>2</sup><sup>1</sup> *Национальная Академия Государственной пограничной службы Украины, Хмельницкий*<sup>2</sup> *Военный институт Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев*

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБСТАНОВКИ НА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЕ УКРАИНЫ

*В статье предложено методический аппарат, обеспечивающий решение задач синтеза структуры системы контроля обстановки на государственной границе: определения числа узлов, распределения задач по уровням систем и выбору технических средств для отдельных узлов.*

**Ключевые слова:** методический аппарат, синтез структуры системы, технические средства.

### Введение

Процесс сбора, передачи, обработки информации и контроля воздушной, наземной, надводной (подводной) обстановки является главной целью функционирования системы контроля обстановки (СКО) на государственной границе.

Характерным для СКО является наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов, что оказывает определенное влияние на выполнение задач СКО. Важнейшей проблемой является создание территориально распределенной устойчиво функционирующей СКО на государственной границе.

**Анализ последних исследований и публикаций**, приведенный в [1] показывает, что одним из путей решения проблемы построения СКО является широкое использование современного научно-методического аппарата синтеза функциональной структуры сложной систем. Вместе с тем, в известной литературе [2 – 6] не достаточно полно рассмотрены вопросы синтеза распределенной СКО на государственной границе.

**Целью исследования** является разработка методического аппарата синтеза структуры распределенной СКО.

### Изложение основного материала

Создание современной СКО следует рассматривать как интеграцию накопленного опыта проектирования и знаний, полученных в фундаментальных науках и прикладных исследованиях, с передовыми информационными технологиями.

При определении структуры системы производится обоснование решаемых ею задач, выбор алгоритмов их реализации, выбор числа уровней и узлов в системе, распределение задач по узлам (уровням), определение комплекса технических средств.

Обозначим через  $P$  – множество возможных вариантов  $\pi \in P$  построения системы и её элементов;  $F$  – множество взаимосвязанных функций, выполняемых системой;  $A$  – множество возможных взаимосвя-

занных элементов системы. Согласно [9], задача синтеза оптимальной (рациональной) структуры распределенной СКО состоит в определении множества вариантов построения ( $\pi \in P$ ), множества функций, выполняемых системой ( $f \in F(\pi)$ ), множества элементов, способных реализовать выбранные варианты и выполнить функции ( $\bar{A} \in A$ ), а также в определении оптимального отображения элементов множества  $f$  на элементы множества  $\bar{A}$ , обеспечивающего требуемые характеристики функционирования системы.

В процессе выбора рационального варианта структуры СКО возможны два вида отображения  $f \rightarrow \bar{A}$ : первый, когда каждая задача выполняется лишь одним из нескольких возможных узлов системы, и второй, когда задача выполняется несколькими узлами системы. Более рациональным является второй случай, так как в распределенной СКО производится декомпозиция исходной задачи на подзадачи, параллельное их решение локальными СКО с последующим агрегированием результатов решения подзадач в общее решение исходной задачи.

Для формализации многокритериальной задачи синтеза оптимальной структуры распределенной СКО введём следующие обозначения:

$N_i$  – множество возможных алгоритмов решения  $i$ -й задачи в системе,  $N_i = \{K \mid K = 1, \bar{K}_i\}$ ;

$\left| a_{ii'} \right|$  – матрица связи между задачами (задачи  $i$  и  $i'$  считаются связанными, если для решения  $i$ -й задачи используется информация, являющаяся выходной для  $i'$ -й задачи, при этом  $a_{ii'}$  имеет смысл среднего потока информации от  $i$ -й задачи к задаче  $i'$ -й; если задачи не связаны, то  $a_{ii'} = 0$ );

$\left| y_{jj'} \right|$  – матрица затрат на передачу единицы информации из  $j$ -го узла в  $j'$ -й; для несвязанных узлов  $y_{jj'} = \infty$ ; затраты на передачу информации между узлами определяются при заданной структуре системы связи;

$m_l$  – величина, отражающая характеристики  $l$ -го технического средства (например, временные ресурсы, объём памяти и др.);

$a_{ijk}$  – эксплуатационные затраты на решения  $i$ -й задачи  $k$ -м способом в  $j$ -м узле;

$m_{ik}$  – потребность  $i$ -й задачи, решаемой  $k$ -м способом в ресурсах технических средств;

$C_{jl}$  – затраты на эксплуатацию  $l$ -го технического средства в  $j$ -м узле;

$K_l$  – капитальные затраты на технические средства;

$K_{ik}$  – затраты на разработку и внедрение  $i$ -й задачи в  $k$ -м варианте.

Тогда постановка задачи выбора структуры распределённой СКО, минимизирующую затраты на систему с учётом затрат на обмен информацией между задачами, решаемыми на разных уровнях, и затрат на эксплуатацию системы, можно записать следующим образом [10]:

$$\min \left[ \sum_{i,j,k} b_{ikj|k'l} x_{ikj} x_{i'k'l} + \sum_{jl} C_{jl} x_{jl} \right], \quad (1)$$

где  $b_{ikj|k'l} = \begin{cases} a_{ikj}, & \text{если } ik \neq i'k', \\ -a_{ikj} y_{jj'}, & \text{если } ik \neq i'k'; \end{cases}$

$$x_{ikj} = \begin{cases} 1, & \text{если часть } i\text{-й задачи решается в } i\text{-м узле} \\ & k\text{-м способом,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$x_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{если часть } l\text{-го узла оборудована} \\ & l\text{-м техническим средством,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{k,j} x_{ikj} = 1, \quad i = \overline{1, I}; \quad (2)$$

$$\sum_{l,j} k_l x_{jl} + \sum_{i,k,j} k_{ik} x_{ikj} \leq k, \quad k = \overline{1, K}; \quad (3)$$

$$\sum_{i,k} m_{ik} x_{ikj} \leq \sum_l m_l x_{jl}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (4)$$

Рассмотрим основные функциональные задачи, решаемые с помощью СКО.

Задача сбора, обработки данных и сопровождения объектов является базовой задачей СКО и относится к классу информационных задач. Задача охватывает следующие направления:

– сбор, хранение и обработку данных о подвижных воздушных, надводных (подводных), наземных объектах наблюдения;

– сбор, хранение и обработку данных о неподвижных надводных (подводных), наземных объектах наблюдения;

– сбор, хранение и обработку информации общего вида, содержащуюся в различного рода информационных, директивно-распорядительных, нормативно-правовых документах.

Задача реализуется через ряд связанных между собой функций:

– сбор данных (информации) от источников данных и средств наблюдения;

– преобразование и хранение данных (информации);

– сортировка и обработка данных (информации);

– обобщение данных (информации).

Перечисленные функции носят общий характер и в рамках каждого из перечисленных направлений имеют свои особенности в реализации.

Функция сбора данных (информации) является первичной в задаче. Входной информацией для реализации данной функции являются формализованные и неформализованные сообщения источников информации и средств наблюдения. Механизмом реализации функции является сетевая операционная система, протоколы и программы межсетевых обмена. Собранные от источников информации и средств наблюдения данные заносятся в базы данных первичной (входной) информации и затем подвергаются обработке. Обработка информации предусматривает прежде всего ее сортировку и распределение по соответствующим каналам (функциональным подсистемам) обработки.

Обработка данных о подвижных объектах наблюдения в СКО и локальных СКО предусматривает вторичную и третичную обработку данных объектов наблюдения. Результатом вторичной обработки данных являются трассы движения объектов наблюдения в заданной системе координат. Результатом третичной обработки данных являются обобщенные трассы движения подвижных объектов наблюдения.

Обе функции реализуются через алгоритмы и программы обработки данных, при этом не исключена возможность одновременной реализации названных функций в одном алгоритме.

Выполнение функции сопровождения подвижных объектов наблюдения имеет целью получение трасс требуемого качества (по точности, непрерывности и другим характеристикам качества СКО). Функция реализуется через алгоритмы и программы обработки информации и действия операторов по разрешению конфликтных ситуаций.

Процесс сбора, обработки и сопровождения объектов наблюдения требует непрерывного управления, имеющего целью принятие оперативных решений на завязку трасс, обобщение трасс, группирование объектов наблюдения, изменение темпа обработки данных.

Этот процесс осуществляется через действия операторов и управляющие программы. Входом для реализации данной функции являются состояние и течение процесса обработки, а управляющим воздействием является требование к качеству выдаваемой информации (данным).

Обработка данных о неподвижных объектах наблюдения включает в себя обработку сообщений от РЛС, средств радио- и радиотехнической разведки, а также данных аэрокосмического зондирования.

Обработка сообщений от РЛС, средств радио и радиотехнического наблюдения осуществляется по тем же алгоритмам, что и подвижных, и дополнительного анализа косвенных признаков, характеризующих функционирование объекта наблюдения.

Обработка информации о неподвижных объектах по данным аэрокосмического зондирования Земли предусматривает обработку фотоснимков, радиолокационных видео и телевизионных изображений. Процесс обработки предусматривает выполнение следующих функций:

- контроль качества входного потока данных;
- контроль соответствия поступающих данных параметрам запроса;
- выделение областей, в которых могут дислоцироваться потенциальные объекты наблюдения;
- объектного дешифрирования;
- векторизации;
- идентификации координат стационарных наземных (надводных) объектов;
- выявление новых наземных (надводных) объектов;
- пространственного анализа известных, заявочных и новых наземных (надводных) объектов;
- подтверждение имеющихся, и выявление новых признаков наземных (надводных) объектов.

Контроль качества входного потока данных заключается в проверке входного цифрового потока данных на ошибки при передаче.

Контроль соответствия поступающих данных параметрам запроса заключается в проверке соответствия района съемки, соответствия набора диапазона спектра, качества предварительной обработки и т. д.

Выделение областей, в которых могут располагаться объекты наблюдения, заключается в отборе по определенным признакам районов с наиболее подходящим набором признаков, определяющих возможность дислокации в данном районе объекта наблюдения.

Выполнение функции объектного дешифрирования предполагает выделение внутри выбранных областей конкретных объектов, их оконтуривание и идентификацию.

Выполнение функции векторизации направлено на создание векторного образа идентифицированного объекта.

Идентификация координат неподвижных наземных, надводных объектов решается путем сравнения координат известных объектов с координатами, поступившими в результате выполнения функции дешифрирования, а также анализа признаков обоих объектов.

Выявление новых наземных объектов осуществляется путем сравнения координат объектов и его признаков с координатами и признаками известных объектов.

Выполнение функции идентификации и выявления новых наземных (надводных) объектов осуществляется на основе данных о координатах и признаках всех известных объектов, которые занесены в базу данных.

Пространственный анализ направлен на оценку местности и определения на этой основе возможностей дислокации в данном районе объекта наблюдения. Оценка местности включает в себя изучение и анализ следующих ее составляющих:

- рельеф местности в точке стояния и вокруг объекта;
- маскирующие свойства местности;
- наличие коммуникаций;
- характеристики дорожной сети;
- условия наблюдаемости объекта различными средствами (датчиками).

Анализ проводится оператором на основе имеющихся цифровых картографических данных с использованием комплекса геоинформационного обеспечения, формирующего соответствующее картографическое окружение.

Результатом выполнения пространственного анализа является подтверждение имеющихся и выявление новых признаков наземных (надводных) объектов.

Результатом обработки данных аэрокосмического зондирования Земли должно быть:

- соединение и сохранение координатной информации о наземных (надводных) объектах с семантической (описательной) информацией в базах данных известных наземных, надводных объектов;
- сохранение картографического окружения для анализа;
- формирование оптимального пространственного запроса по объекту или по группе объектов и связь этого запроса с объектами.

Обработка информации общего вида предполагает обработку данных, содержащихся в:

- отчетах, статьях, донесениях, написанных на бумажных носителях и в электронном виде;
- форматированных отчетах, таблицах в электронном виде;
- схемах, рисунках, изображениях в электронном виде;
- материалах информационных агентств

- ТВ-изображениях;
- ИК-изображениях;
- фотоснимках;
- файлах звуковых донесений;
- движущихся изображениях – мультимедиа.

Приведенный перечень форм представления информации общего вида с позиций объектно-ориентированного подхода соответствует классу «документ».

Обработка информации общего вида осуществляется по технологии электронного документооборота и делопроизводства.

Обработка информации общего вида, содержащейся в различного рода информационных, директивно-распорядительных, нормативно-правовых документах предусматривает:

- прием и регистрацию входящих документов как в электронном, так и в бумажном виде;
- сканирование бумажных документов и размещение их электронных копий в базе документов;
- размещение документов в соответствии с тематическим рубрикатом в электронном хранилище СКО;
- оперативное и архивное хранение электронных документов;
- оперативный поиск электронных документов;
- контроль за прохождением и исполнением электронных документов;
- подготовку и рассылку исходящих документов;
- копирование и тиражирование электронных документов;
- изготовление бумажных копий электронных документов;
- обеспечение подлинности и целостности электронных документов;
- прием и предварительную обработку информации, поступающей по каналам СМИ,
- анализ информации СМИ с целью выявления актуальной проблемы (объекта, темы) и построение прогнозов ее развития;
- информационный мониторинг развития во времени актуальной проблемы (объекта, темы).

При решении выше указанных задач величина критерия (1) определяет эксплуатационные затраты на функционирование системы. Ограничение (2) допус-

кает решение  $i$ -й задачи в различных узлах системы. Ограничение (3) учитывает тот факт, что ресурсы на разработку не должны превышать заданной величины  $K$ .

Ограничение (4) указывает на то, что потребность узлов в ресурсах технических средств для решения задач не должно превышать заданные ресурсы.

Задача в постановке (1) – (4) является нелинейной задачей математического программирования, решение которой весьма трудоёмкое. Поэтому на практике для решения данной задачи широко применяется агрегативно-декомпозиционный подход [10], который включает два взаимосвязанных этапа: декомпозицию задачи на ряд частных задач (этапов) и агрегирование (объединение, согласование) частных результатов.

Под проектированием оптимальной структуры распределённой СКО будем понимать процесс последовательного решения задач синтеза основных элементов и частей системы (рис. 1).

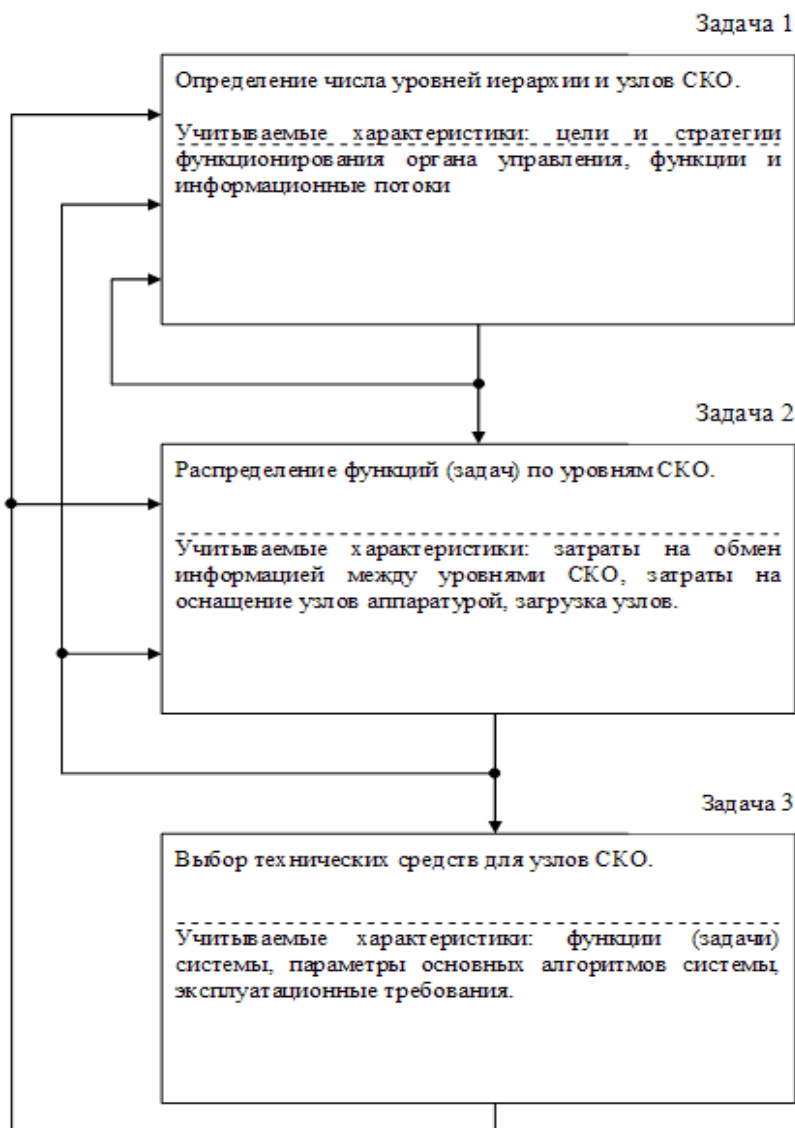


Рис. 1. Последовательность задач синтеза структуры СКО

Приведённые на этом рисунке задачи решаются итерационно в силу их взаимосвязанности, неполноты исходных данных и необходимости корректировки получаемых решений.

На первом этапе определяется организационная структура системы контроля обстановки на государственной границе посредством экспертного оценивания, исходя из целей и стратегий функционирования органа управления. В результате определяется число уровней иерархии и узлов системы, т.е. определяется топологическая структура распределённой СКО.

На втором этапе оптимизируется распределение выполняемых функций (задач) по уровням и узлам системы (локальным СКО). И на последнем этапе выбирается комплекс технических средств для реализации СКО.

При этом учитываются затраты на оснащение узла техническими средствами и их эксплуатацию, а также учитываются ограничения на оперативную и внешнюю память, быстродействие этих средств.

Структура распределённой СКО должна, как правило, соответствовать организационной структуре пограничных войск, в интересах которых разрабатывается СКО.

Такая организация распределённой системы контроля обстановки позволяет адекватно представлять функциональное взаимодействие локальных СКО в процессе решения поставленных задач.

## Выводы

Таким образом, на основе решения сформулированных задач, решаемых с помощью системы контроля обстановки, а также с учетом постановки задачи, критерия и ограничений (1) – (4) синтез структуры СКО целесообразно производить с помощью предлагаемого методического аппарата,

обеспечивающего поэтапное решение задач: определения числа узлов, распределения задач по уровням системы и выбора технических средств для узлов системы контроля обстановки на государственной границе.

## Список литературы

1. Царьов Ю.А. Синтез функциональной структуры системы контроля обстановки на государственной границе Украины / Ю.А. Царьов, С.В. Ленков // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2014. – № 45. – С. 88-94.
2. Информационно-аналитическая деятельность в Пограничной службе Российской Федерации : научно-методическое пособие / под об. ред. генерал-полковника Резниченко Н.С. – М.: Граница, 2002. – 88 с.
3. Информационно-аналитическая деятельность в управлении пограничными органами Федеральной службы безопасности: учебн. – М.: Граница, 2005. – 190 с.
4. Кириленко В.А. Метод оцінки та формування інформаційних векторів повідомлень прикордонних нарядів оптимальної якості для прийняття рішень / В.А. Кириленко // Зб. наук. пр. / гол. ред. В.О. Балашов. – Хмельницький: Вид-во Нац. академії ДПСУ, 2007. – № 38. – Ч. II. – С. 20-23.
5. Кириленко В.А. Структурная схема модели определения общего показателя информационного потока / В.А. Кириленко, І.С. Катеринчук // Інформаційно-вычислительные технологии и их приложения: матер. V Междун. научн.-техн. конф. (г. Пенза, ноябрь 2006 г.) / под общ. ред. А.Н. Кошева. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – С. 158-165.
6. Доклад начальника управления развития Пограничной Службы ФСБ России генерал-майора Сергеева А.В. (г. Варшава, май 2010 г.).

Поступила в редколлегию 20.03.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Ленков, Военный институт Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев.

## МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ОБСТАНОВКИ НА ДЕРЖАВНОМУ КОРДОНІ УКРАЇНИ

Ю.О. Царьов, О.Г. Мельников

*У статті запропоновано методичний апарат, що забезпечує вирішення завдань синтезу структури системи контролю обстановки на державному кордоні: визначення числа вузлів, розподілу завдань по рівнях систем і вибранні технічних засобів для окремих вузлів.*

**Ключові слова:** методичний апарат, синтезу структури системи, технічні засоби.

## METHODICAL BASES OF CONSTRUCTION OF CHECKING OF SITUATION SYSTEM ON STATE BOUNDARY OF UKRAINE

Y.A. Car'ov, O.G. Melnikov

*In the article a methodical vehicle is offered, ensuring decision of tasks of synthesis of structure of the checking of situation system on a state boundary: determinations of number of knots, distributing of tasks on the levels of the systems and choice of hardware for separate knots.*

**Keywords:** methodical vehicle, synthesis of structure of the system, hardware.