

СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБСТАНОВКИ НА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЕ УКРАИНЫ

В статье рассмотрены концептуальные подходы к обоснованию функциональной структуры системы контроля обстановки на государственной границе Украины. Детально представлены методы решения оптимизационных задач к синтезу структуры системы контроля обстановки с учетом критериев и ограничений между узлами системы.

Ключевые слова: синтез функциональной структуры, система контроля обстановки, целочисленная экстремальная модель распределения задач по узлам, государственная граница Украины.

Вступление. Система контроля обстановки (СКО) на государственной границе относится к классу больших систем. Она характеризуется сложностью выполняемых задач и функций, наличием управления, разветвленностью информационной сети и интенсивными потоками информации. Процесс сбора, передачи, обработки информации и контроля на этой основе воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства является главной целью функционирования СКО, которой подчинены цели функционирования составляющих ее подсистем. Характерным для СКО является наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов, что оказывает определенное влияние на выполнение задач СКО.

Анализ последних исследований и публикаций показывает, что одним из путей решения проблемы повышения эффективности обработки информации СКО является широкое использование современного научно-методического аппарата синтеза функциональной структуры сложных систем [1-6]. Однако, в этой литературе не достаточно полно рассмотрены вопросы функционального синтеза СКО на государственной границе.

Целью исследования является обоснование функциональной структуры СКО на государственной границе.

Постановка проблемы. Создание эффективно функционирующих СКО немислимо без формализации основных этапов проектирования [7-9]. Постановки математических задач при организации проектирования и в процессе проектирования связаны с оптимизацией. Методы решения оптимизационных задач выступают и как средства организации самого процесса проектирования, и как один из инструментов алгоритмического обеспечения создаваемой СКО. Обычно выделяют три источника задач оптимизации в процессе проектирования [6]. *Первый* связан с этапом системного проектирования или, как его еще называют, с этапом предпроектирования. Оптимизация решения на этапе организации проектирования экономит время и средства. *Второй* источник оптимизации связан с этапом логического, технического и надежностного проектирования компонентов СКО. И в конце концов, *третий* источник – это математическое обеспечение, на основе которого создаются алгоритмы и программные средства.

В [10] задача синтеза структуры СКО рассматривается в рамках одной модели – нелинейной многоиндексной задачи целочисленного программирования. При числе переменных и ограничений, которые отвечают практике проектирования, анализ таких моделей – нереальная задача. Поэтому обычно пренебрегают связью между разными этапами выбора структуры и разбивают общую задачу синтеза СКО на ряд самостоятельных задач. Одной из них есть распределение множества задач, решаемых СКО, между узлами системы.

Введем булевы переменные

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{тая задача решается в } j - \text{м узле,} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Обозначим через C_{ij} затраты на решение i -й задачи в j -м узле, а через C – суммарные затраты на решение всех задач. Пусть t_{ij} – время, необходимое для решения i -й задачи в j -м узле, t_i – допустимое время решения i -й задачи, а t – допустимое время решения всех задач в СКО. Допустим, кроме того, что интенсивность поступления i -й задачи (число задач i -го типа, которые поступают в СКО в единицу времени) равняется λ_i , допустимая загрузка (производительность) j -го узла равняется μ_j , а допустимая загрузка всей системы равняется μ .

За целевой функционал модели распределения задач по узлам СКО, в зависимости от конкретных особенностей системы, принимают обычно один из следующих функционалов:

- 1) суммарные затраты на решение задач в СКО

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}; \quad (1)$$

- 2) общее время решения задач в СКО

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij}; \quad (2)$$

- 3) наибольшее время решения задач в СКО

$$\max \sum_{i=1}^n t_{ij}. \quad (3)$$

Параметры x_{ij} выбирают при ограничениях:

- 1) на суммарные затраты, связанные с решением задач в СКО

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \leq C \quad (4)$$

или на затраты, связанные с решением задач в каждом узле

$$\sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \leq c_j, \quad j = 1, \dots, m; \quad (5)$$

- 2) на время решения всех задач

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij} \leq t \quad (6)$$

или для каждой задачи

$$\sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij} \leq t_i, \quad i = 1, \dots, n; \quad (7)$$

- 3) на загрузку всей системы

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \lambda_i t_{ij} x_{ij} \leq \mu \quad (8)$$

или каждого узла

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i t_{ij} x_{ij} \leq \mu_j, \quad j = 1, \dots, m. \quad (9)$$

Если по условиям эксплуатации СКО возникает необходимость решать каждую задачу только в одном узле системы, то к модели распределения задач по узлам СКО прибавляются неравенства

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

В зависимости от особенностей проектируемой СКО целочисленная экстремальная модель распределения задач по узлам, так или иначе, компонуется с приведенными выше целевыми функционалами и ограничениями.

Синтез функциональной структуры СКО осуществляется с учетом критериев и ограничений (1-10) для решения следующих основных задач [11].

Задача 1. Непрерывное наблюдение за воздушным, надводным (подводным), наземным пространством с целью своевременного обнаружения воздушных, надводных (подводных), наземных объектов (подвижных и неподвижных), а также за работой средств радиоэлектронного излучения и передачи информации.

Использование воздушного, надводного (подводного), наземного пространства осуществляется в соответствии с Международными договорами, установленными в государстве Законами и Правилами.

Для осуществления контроля соблюдения Международных договоров, установленных Законов и Правил организуется и осуществляется непрерывное наблюдение за воздушным, надводным (подводным), наземным пространством. Наблюдение должно обеспечить своевременное предупреждение специально уполномоченных погранорганов, принимающих решения по безопасному использованию воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства, о имеющих место нарушениях, их характере, месте и времени.

Наблюдение за воздушным, наземным, надводным (подводным) пространством осуществляется комплексом технических средств, использующих различные физические принципы обнаружения и выделения объектов наблюдения. К ним относятся:

- радиолокаторы (пеленгаторы);
- средства радиоразведки;
- средства радиотехнической разведки;
- оптико и оптико-электронные средства;
- сигнализационные средства охраны локальных участков.

Указанные средства наблюдения могут быть как наземного, морского, так и воздушного, космического базирования. Для воздушного базирования указанных средств наблюдения используются самолеты и беспилотные летательные аппараты, для космического базирования – космические аппараты.

Наземными средствами наблюдения, развертываемыми по определенному замыслу и плану в районе ответственности СКО, создается сплошное многослойное поле наблюдения, включающее в свой состав: радиолокационное поле, зону радиоразведки, зону радиотехнической разведки. Глубина поля наблюдения в приморских, приграничных районах может наращиваться кораблями и самолетами радиолокационного дозора.

Добывание сведений о действующих в границах воздушного, надводного, наземного пространства объектах наблюдения осуществляется путем радиолокационного обзора пространства и поиска объектов наблюдения, радиоперехвата и радиопеленгования работающих радио, радиорелейных, тропосферных станций, станций космической связи и других РЭС, аэрокосмического зондирования поверхности Земли.

Средствами наблюдения космического базирования, беспилотными летательными аппаратами осуществляется наблюдение в определенной полосе. Оно носит глобальный характер и может быть как обзорным, так и детальным и обеспечивает выдачу на пункты контроля (ПК) радиолокационного, фото или телевизионного изображения района поверхности Земли, а также изображения района поверхности Земли в диапазоне теплового, инфракрасного или ультрафиолетового излучения. Рассматриваемые средства наблюдения имеют разные возможности по обнаружению и сопровождению объектов наблюдения (по дальности обнаружения, по разрешающей способности и точности определения координат, по количеству одновременно сопровождаемых объектов наблюдения, по возможностям работы в различных метеоусловиях и времени суток).

Непрерывность наблюдения за воздушным, надводным (подводным), наземным пространством и своевременность обнаружения действующих в нем различных объектов

наблюдения достигается в СКО комплексным использованием разнообразных средств наблюдения, распределением и согласованием их усилий по времени работы, по рубежам, полосам, зонам, районам и объектам наблюдения. Результатом решения рассматриваемой задачи является обнаружение объектов наблюдения, которые могут быть подвижными, неподвижными, точечными и площадными.

Задача 2. Сбор, хранение и обработка данных об объектах наблюдения, непрерывное сопровождение подвижных и неподвижных объектов наблюдения в границах района ответственности является для СКО обработки информации базовой задачей, охватывающей все ее уровни. Задача сбора, хранения и обработки данных об объектах наблюдения является продолжением выполнения предыдущей задачи.

На ПК обеспечивается сбор и обработка данных об объектах наблюдения от датчиков, замкнутых на ПК, подчиненных ПК (ППК) и взаимодействующих ПК, самолетов и кораблей радиолокационного дозора, Национального центра космических наблюдений (НЦКН), Центра сбора и обработки информации от авиационных датчиков (ЦСИА).

ППК собирает и обрабатывает данные об объектах наблюдения от замкнутых на него датчиков и источников информации взаимодействующих систем.

Данные об объектах наблюдения в СКО передаются в виде формализованных и неформализованных сообщений. Сбор информации предполагает ее прием, накопление и последующее использование для обработки. Обработка информации предусматривает ее сортировку по различным признакам, приведение к виду удобному для использования в решении задач управления.

В СКО обработка информации о подвижных объектах наблюдения направлена на представление в реальном времени движения в виде трасс (вторичная обработка) или обобщенных трасс (третичная обработка) в заданной системе координат.

Обработка информации о неподвижных объектах наблюдения, полученная по данным средств радио- и радиотехнической разведки аэрокосмического зондирования поверхности Земли включает в себя техническую, оперативную и полную обработку.

Техническая обработка связана с накоплением данных и их сортировкой. Оперативная обработка предусматривает дешифрирование данных и привязку их к координатам местности.

Полная обработка помимо накопления, сортировки и дешифрирования предусматривает дополнительно и информационно-аналитическую обработку данных должностными лицами по направлениям информационной работы. В результате полной обработки данных о неподвижных объектах наблюдения должна быть получена информация о дислокации (координатах) объектов наблюдения их характеристиках и действиях (функционировании).

Задача 3. Ведение сбора, анализа и обработки текстовой, графической и видеоинформации (информации общего вида) с целью оценки обстановки в зоне ответственности ПК.

Информация общего вида включает в себя совокупность сведений (данных), содержащихся в документах: директивно-распорядительных, планирующих, нормативно-правовых, информационных материалах средств массовой информации (СМИ), и предназначена для комплексного информационно-аналитического обеспечения деятельности руководителей органов государственной власти, специально уполномоченных погранорганов пресечения нарушения правил использования воздушного, надводного (подводного), наземного пространства.

Источником информации общего вида для СКО являются вышестоящие органы управления, информационно-аналитические службы взаимодействующих подсистем, а также средства массовой информации, ведущие сбор данных по своим направлениям информационной работы. Данные от них в Систему обработки информации поступают в виде неформализованных сообщений. Формой представления данных является текст, графики, таблицы, фотоснимки, аудио- и видеоизображения.

Обработка информации общего вида в составе СКО предусматривает:

- прием и регистрацию входящих документов;
- автоматизацию процессов создания, хранения и обработки документов или их электронных прототипов, вовлеченных в деловые процессы СКО;
- автоматическую доставку электронных документов до исполнителей;
- размещение документов в соответствии с тематическим рубрикатором в электронном хранилище СКО;
- выявление актуальной информации по заданным темам поиска, прием, и предварительную обработку, поступающей по каналам СМИ,
- агрегацию и анализ информации СМИ с целью построения прогнозов развития выявленной актуальной проблемы (объекта, темы);
- информационный мониторинг развития во времени актуальной проблемы (объекта, темы).
- оперативное и архивное хранение электронных документов;
- оперативный поиск электронных документов;
- контроль за прохождением и исполнением электронных документов;
- подготовку и рассылку исходящих документов;
- изготовление бумажных копий электронных документов;
- обеспечение подлинности и целостности электронных документов.

Задачей обработки информации общего вида является выявление и отбор актуальных материалов из информационного пространства СКО и семантический анализ отобранных материалов. Конечным продуктом обработки является генерация аналитических справок по актуальным темам.

Задачей агрегации является обобщение информации, поступающей от экспертов разных направлений, и формирование сценариев и прогнозов развития проблемы (ситуации), которая непосредственно или косвенно имеет отношение к данной СКО.

Задача 4. Выявление нарушений установленных правил использования воздушного, надводного (подводного), наземного пространства и работы радиоэлектронных средств.

Структура воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства включает в себя зоны, районы и маршруты обслуживания движения (трассы, местные воздушные линии и тому подобное), районы аэродромов, аэроузлов, портов, специальные зоны и маршруты движения воздушных, морских судов, запретные зоны, опасные зоны (районы полигонов, взрывных работ и тому подобное), зоны ограничения движения воздушных и морских судов и другие установленные для осуществления деятельности в воздушном, наземном, надводном пространстве элементы структуры.

Использование воздушного, наземного, надводного пространства осуществляется на основании разрешения соответствующего органа организации движения.

Контроль за соблюдением установленных правил использования воздушного, наземного, надводного пространства подвижными объектами в СКО осуществляется путем сопоставления данных диспетчерского и мониторингового контроля.

Под диспетчерским контролем понимается расчетное определение местонахождения объектов движения при условии, если известны время начала движения, скорость движения, координаты точки начала и маршрут (курс) движения, а также проверка соблюдения объектами движения установленного режима движения.

Под мониторинговым контролем понимается определение места нахождения объектов движения, характера движения (курс, скорость, эшелон высоты) по данным работающих датчиков информации.

На основе диспетчерского и мониторингового контроля выявляются нарушения порядка использования воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства, к которым относятся:

- использование воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства без заявки (расписания, графика), уведомление соответствующих органов до начала или по истечению срока действия заявки (расписания, графика);

- использование воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства без разрешения соответствующего оперативного органа системы организации воздушного, наземного, надводного (подводного) движения;

- несоблюдение условий использования воздушного, наземного, надводного (подводного) пространства, установленных оперативным органом системы организации движения;

- несанкционированное органом обслуживания движения отклонение воздушного, наземного, надводного (подводного) объекта за пределы границ установленного коридора, за исключением случаев угрожающих безопасности движения.

Контроль за работой радиоэлектронных средств (РЭС) осуществляется путем сопоставления данных расписаний и режимов работы РЭС с фактическими данными наблюдения работы РЭС средствами радио и радиотехнической разведки, а также путем сопоставления фактических данных наблюдения со статистическими данными о работе РЭС в заданном регионе за определенный период. К нарушениям относятся работа РЭС на не установленных частотах, мощностях, направлениях, режимах.

Выявление объектов терпящих бедствие осуществляется по сигналам, поступающим по системе государственного радиолокационного опознавания, по данным анализа радиоперехвата и приема сигналов «бедствия» Международной космической системы спасения (Коспас).

Задача 5. Выдача потребителям установленных уровней (органы управления, органы, принимающие решения на прекращение нарушения и т. д.) информации об объектах наблюдения и работе радиоэлектронных средств.

Собранная и обработанная в СКО информация о воздушных, надводных (подводных), наземных объектах наблюдения, о работе РЭС выдается потребителям установленных уровней для ее оценки и принятия решения.

Очередность и порядок выдачи информации могут быть предложены в соответствии с установленными в государстве приоритетами для выполнения задач:

- предотвращения и прекращения нарушений государственной границы;

- предотвращения и прекращения нарушений правил использования воздушного, надводного, наземного пространства, правил работы РЭС;

- выдачи аналитических справок по материалам СМИ по актуальным темам мониторинга информации общего вида;

- формирования прогнозов развития проблемы (ситуации) на основе всестороннего анализа информации.

Вывод. Таким образом, на основе решения сформулированных задач (1-5) и с учетом критериев и ограничений (1-10) осуществляется синтез функциональной структуры СКО.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Информационно-аналитическая деятельность в Пограничной службе Российской Федерации : научно-методическое пособие / под общей ред. генерал-полковника Резниченко Н. С. – М. : Граница, 2002. – 88 с.

2. Информационно-аналитическая деятельность в управлении пограничными органами Федеральной службы безопасности : учебник. – М. : Граница, 2005. – 190 с.

3. Кириленко В.А. Метод оцінки та формування інформаційних векторів повідомлень прикордонних нарядів оптимальної якості для прийняття рішень / Володимир Анатолійович Кириленко // Зб. наук. пр. № 38. Ч. II / гол. ред. Балашов В. О. – Хмельницький : Вид-во Нац. академії ДПСУ, 2007. – С. 20–23.

4. Кириленко В.А. Структурная схема модели определения общего показателя информационного потока / В. А. Кириленко, И. С. Катеринчук // Информационно-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.

5. Концепція розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року [Текст] : Указ Президента України від 19 червня 2006 р. № 546/2006. – К., 2006.

6. Кириленко В.А. Обґрунтування інформаційного підходу щодо вирішення питань інформаційного забезпечення оперативно-службової діяльності прикордонних нарядів / В. А. Кириленко, І. С. Катеринчук // Зб. наук. пр. : твори академії № 76. – К. : Вид-во НАОУ, 2007. – С. 144–149.

7. Общесистемное проектирование АСУ реального времени / С.В. Володин, А.Н. Макаров, Ю.Д. Умрихин, В.А. Фараджев. Под ред. В.А. Шабалина. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.

8. Савицкий В.И. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Справочник. – М.: Транспорт, 1986. – 304 с.

9. Юдин Д.Б., Горяшко А.П., Немировский А.С. Математические методы оптимизации устройств и алгоритмов АСУ/Под ред. Ю.В. Асафьева, В.А. Шабалина. – М.: Радио и связь, 1982. – 288 с.

10. Мамиконов А.Г., Пискунов А.Н., Цвиркун А.Д. Модели и методы проектирования информационного обеспечения АСУ. – М.: Статистика, 1978 – 223 с.

11. Доклад начальника управления развития Пограничной Службы ФСБ России генерал-майора Сергеева А.В. (г. Варшава, май 2010 г.).

Без рецензії.

**к.псих.н., с.н.с. Царьов Ю.О., д.т.н., проф. Ленков С.В.,
СИНТЕЗ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ОБСТАНОВКИ
НА ДЕРЖАВНОМУ КОРДОНІ УКРАЇНИ**

У статті розглянуто концептуальні підходи щодо обґрунтування функціональної структури системи контролю обстановки на державному кордоні України. Детально представлені методи вирішення оптимізаційних задач синтезу структури системи контролю обстановки з урахуванням критеріїв та обмежень між вузлами системи.

Ключові слова: синтез функціональної структури, система контролю обстановки, цілочислова екстремальна модель розподілу задач по вузлам, державний кордон України.

**Y. Tsariov, S. Lenkov,
FUNCTIONAL STRUCTURE SYNTHESIS OF THE MONITORING SYSTEM OF
CONDITIONS AT THE STATE BORDER OF UKRAINE**

In the article the conceptual approaches to the substantiation of the functional structure of the monitoring system of conditions at the state border of Ukraine have been considered. The methods for solving optimization problems of the structure synthesis of the monitoring system of conditions with regard to the criteria and restrictions between the system nodes have been presented in detail.

Keywords: functional structure synthesis, monitoring system of conditions, integer-valued extreme model of distribution of tasks to the system nodes, the state border of Ukraine.