

**Чинакал В.О.**

## **Интеллектуальная поддержка выбора безопасного управления морским подвижным объектом в условиях комбинированных траекторных угроз**

**Аннотация:** Рассмотрены возможности ускоренной оценки и выбора безопасного управления (БУ) морским подвижным объектом (МПО) с использованием интеллектуальных средств и прогнозирования (ИСП). Разработана методика ускоренной оценки комбинированных (статических и динамических) траекторных угроз и выбора безопасного управления МПО. Интеллектуальная поддержка БУ использует продукционные модели, основанные на правилах. Оперативные данные для ИСП поступают от штатных систем навигации, контроля внешней ситуации, системы управления и системы имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** интеллектуальная поддержка, безопасное управление, морской подвижный объект, комбинированные траекторные угрозы

**Введение.** Повышенные требования к обеспечению безопасности управления современными морскими подвижными объектами (МПО) реализуются разработчиками с использованием в своих проектных решениях новых перспективных направлений и подходов, новых методов и алгоритмов контроля и управления МПО. Наибольшую сложность и наиболее жесткие требования предъявляются к реализации задач контроля и управления МПО при автоматических режимах эксплуатации МПО и, в частности, при создании комплексных систем управления (КСУ) автономными необитаемыми подводными аппаратами (АНПА) [1]. Выполнение рабочей миссии таких аппаратов является существенно более сложной задачей, чем автоматизированное управление МПО операторами, выполняющими интеллектуальную оценку текущей ситуации и корректирующих задания для КСУ. В АНПА необходимо автоматическое решение в реальном времени всего комплекса взаимосвязанных задач контроля и управления МПО на различных уровнях.

На нижнем уровне управления МПО штатная КСУ обеспечивает координированное управление всеми техническими средствами управления (ТСУ). На верхнем уровне КСУ решаются задачи оценки степени опасности комбинированных траекторных угроз (статических и динамических) и определяются корректировки траекторий и режимов движения МПО. Вопросы проектирования КСУ для одиночного МПО с использованием встраиваемых интеллектуальных компонентов (ВИК) рассматривались в [2], в [3] - проблемы безопасного движения МПО в группе.

В данной работе рассматривается выбор безопасного сценария управления для группы МПО, в состав которой входит ведущий МПО (база), координирующий движение «своих» МПО в условиях комбинированных траекторных угроз - статических (СТУ) и динамических (ДТУ). СТУ возникают из-за особенностей микрорельефа дна, наличия мелей, островов или вследствие каких-либо изменений в их конфигурации. ДТУ могут возникать при движении различных МПО, как «своих», так и посторонних. На базовом МПО с помощью интеллектуальной системы поддержки управления (ИСПУ) обрабатывается информация о СТУ и ДТУ, а задания на корректировку траекторий передаются на МПО группы.

### **1. Особенности получения и обработки данных**

На МПО могут использоваться следующие аппаратные и программные средства:

- различные средства контроля внешней обстановки (СК\_ВО) на базе эхолокационных средств (ЭЛС), гидроакустического комплекса (ГАК), систем технического зрения (СТЗ) и др.;

- информационные навигационные средства (ИНС), 3-х мерные цифровые карты (ЦК-3) для обследованных акваторий, средства ориентации по маячкам, по характерным известным особенностям акватории, а также других специальные средства и системы;

- средства для выполнения различных видов подводных работ;

- математические модели типовых подвижных объектов с характеристиками ТТД, типы статических угроз [1], модели ТСУ;

- вычислительные средства (ВС) для решения задач в КСУ.

На основе анализа в ИСПУ совокупной информации о возможных траекторных угрозах движению МПО на

соответствующих участках траекторий, формируются задания на управление для всех МПО группы. Прогноз изменения траекторий и параметров наблюдаемых объектов позволяет быстрее выявлять траекторные угрозы.

Для обнаружения только СТУ можно использовать штатные средства СК ВО – ЭЛС, ГАК, ЦК-3 (для изученных акваторий), СТЗ и достаточно простые алгоритмы логического анализа ситуаций для управления траекторией движения МПО. Наличие ДТУ значительно усложняет обеспечение траекторной безопасности движения всех МПО и требует создания и применения более совершенных алгоритмов контроля и управления движением МПО.

Традиционно подобные задачи решаются с использованием различных предикторных математических моделей движения (ПМДО) всех МПО, реализуемых в ускоренном времени с последующим анализом возможных пересечений  $\epsilon$ - окрестностей соответствующих траекторий различных пар подвижных объектов в заданных временных интервалах. Для реализации ПМДО используется встроенная система имитационного моделирования (СИМ).

В данной работе развивается изложенный в [2] подход, расширяющий возможности использования встраиваемых интеллектуальных компонентов (ВИК) для повышения безопасности движения АНПА с использованием ускоренного логического анализа возможных комбинированных траекторных угроз на прогнозируемых траекториях движения объектов.

Основная идея предлагаемого метода состоит в формировании и использовании зон в дополнительном 3-х мерном логическом пространстве (ЛП) с выделением безопасных и опасных зон в окрестности запланированных траекторий движения каждого МПО. При динамическом формировании этих зон используется оперативная информация от СК ВО и ИНС, специальная база данных реального времени (БД\_РВ), БД типовых объектов и данные ускоренного прогноза о траекториях и параметрах движения объектов (ТПДО). ЛП формируется на тактах управления динамически в дополнении к обычному 3-х мерному вещественному пространству, в котором описывается движение всех подвижных объектов с учетом фактических данных ИНС и данных ЦК-3 (для изученных акваторий). В случае отсутствия

данных в ЦК-3 соответствующая информация формируется оперативно с использованием средств СК\_ВО и ИНС. Ниже приведена общая структура разрабатываемой ИСПУ.

## 2. Структура ИСПУ

Детальные требования к созданию ВИК, работе ИСПУ, решаемым задачам, а также функциональная схема ИСПУ рассмотрены в [3]. На рис.1 представлена общая структура ИСПУ, включающая следующие локальные ВИК, взаимодействующие с основными подсистемами ИСПУ и КСУ:

- контроль работы ТСУ и анализ доступных ресурсов ТСУ;
- оценка ТПО и анализ данных о внешней обстановке с использованием обработки данных от ИНС, ГАК, ЭЛС, ТЗ;
- анализ СТУ и ДТУ, генерация целей и подцелей (ГЦ) и выбор сценария (ВС) для корректировки текущего управления;
- определение альтернативных вариантов управления для СУД и системы управления манипуляторами (СУМ).

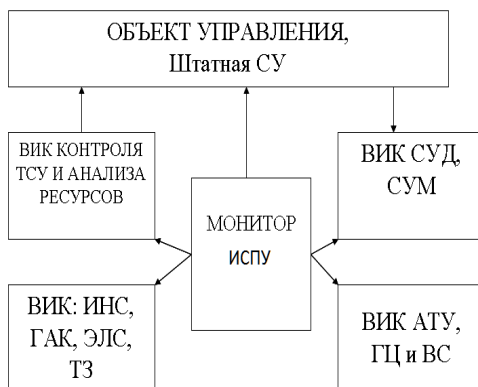


Рис.1 – Общая структура ИСПУ

Монитор ИСПУ координирует работу ИСПУ, отдельных ВИК и штатной КСУ. Ниже приведен простой пример, иллюстрирующий работу фрагмента МПЗ ИСПУ по выбору сценария в зависимости от оценки внешней обстановки с использованием матричного представления продукционных правил и матричного вывода.

### 3. Выбор сценария обнаружении траекторных угроз

Логический выбор варианта сценария при обнаружении статической угрозы (цель) с использованием продукционных правил в матричном представлении.

1. Определим спецификатор переменных для объединенного вектора событий (факты), ситуаций (подцели), сценарии (цели):

– факты (события): X1-Наличие СТУ, X2-Расчет альтернативных вариантов обхода, X3-Наличие ДТУ, X4 –Расчет альтернативных вариантов расхождения, X5 – Есть запас по энергетике;

– подцели (ситуации/операции): X6 – Выбор варианта маневра обхода угрозы, X7 – Выбор варианта маневра уклонения, X8 – Расчет управления для выполнения маневра обхода угрозы, X9 - Расчет управления для выполнения маневра уклонения;

– цели (сценарии): X10- Сценарий выполнения маневра обхода СТУ, X11- Сценарий выполнения маневра уклонения при ДТУ.

2. Зададим правила определения подцелей и целей:  $X6=X1\&X2$ ,  $X7=X3\&X4$ ,  $X8=X5\&X6$ ,  $X9=X5\&X7$ ,  $X10=X6\&X8$ ,  $X11=X7\&X9$ .

3. Зададим начальный объединенный вектор событий, целей и подцелей  $X(0)$ : Исходные факты:  $X1(0) = 1$ ,  $X2(0) = 1$ ,  $X3(0) = 0$ ,  $X4(0)=0$ ,  $X5(0)=1$ .

Начальные значения целей и подцелей:  $X6(0) = X7(0) = X8(0)= X9(0)=0$ ,  $X10(0)=X11(0)=0$ .

1. Зададим правила определения подцелей и целей в матричном виде (табл.1). Так как правила в п.2 определены в виде простых конъюнктов, то используем только одну матрицу описаний.

Таблица 1

Фрагмент матричного задания правил выбора сценария

Номера Столбцов \Строк	Факты (исходные события)					Подцели (ситуации/ операции)				Цели (сценарии)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	1	1				1					
7			1	1			1				
8					1	1		1			
9					1		1		1		
10						1		1		1	
11							1		1		1

Проверим гипотезу достижения цели  $X_{10}$  ( $X_{10}=1$  ?) при заданных фактах и правилах.

5. Выполним последовательное логическое умножение вектора  $X$  на матрицу условий.

Таблица 2

Последовательность векторов  $X(i)$  при прямом матричном выводе

Номера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	итерации	Изменения $X(t_i)$
6	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Есть
7	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	Есть
8	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	2	Есть
9	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	3	Есть
10	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	4	нет
11	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0		

Достигается цель  $X_{10}$  ( $X_{10}=1$ ), Цель  $X_{11}$  не достигается ( $X_{11}=0$ ).

Литература:

1. *Киселев Л.В., Инзарцев А.В., Матвиенко Ю.В.* О некоторых задачах динамики и управления пространственным движением АНПА. // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – №2. – С. 13-26.
2. *Чинакал В.О.* Проектирование систем управления подвижными объектами с использованием встраиваемых интеллектуальных компонентов. // Труды международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2014)». – М., ИПУ РАН, 2014. – С. 141-145.
3. *Чинакал В.О.* Обеспечение безопасности управления движением группы автономных подводных аппаратов. // Труды XXIII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем – 2015» Россия. – М. РГГУ, 2015.