

СИНТЕЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ АНТИКОНФЛИКТНОЙ СИСТЕМЫ

Предложен метод синтеза структуры системы для определения наличия антиконфликтной системы в составе динамических транспортных объектов

Запропоновано метод синтезу структури системи для визначення наявності антиконфліктної системи в складі динамічних транспортних об'єктів

The system structure synthesis method for presence anticonflict system definition as a part of dynamic transport objects is offered

Постановка проблемы. Фундаментальным свойством современных систем организации и управления движением динамических транспортных объектов является солидарность всех участников движения в достижении максимальной безопасности. Это свойство лежит в основе правил формирования, существования, функционирования навигационной среды и является основой для синтеза управления поведением всех ее элементов.

Традиционность проблемы обеспечения безопасности сегодня приобретает новое расширенное содержание, которое обусловлено современными мировыми тенденциями.

Первая тенденция определяется принципиально новыми технологическими возможностями гибкого, скоординированного, а не регламентированного использования навигационного пространства с учетом пожеланий всех пользователей. Переход от централизованных командных систем управления движением к распределенным системам разрешает участникам движения выбирать маршруты исходя из критериев эффективности и экономичности.

Вторая тенденция связана с интенсификацией движения, расширением диапазонов эксплуатации транспортных средств и круга задач, решаемых ими в данных условиях. Последовательное решение конфликтов при повышении плотности движения может привести к возникновению новых конфликтов с окружающими транспортными средствами. Следовательно, увеличивается опасность циклического возникновения конфликтов, которое может привести к неконтролируемым катастрофическим ситуациям, называемым «принципом домино» [1]. Кроме того, наблюдается увеличение топологической сложности конфликтов и увеличение требований к скорости и функциональности алгоритмов их решения в рамках систем организации и управления движением.

Третья тенденция заключается в интенсификации разработки и использования новых транспортных динамических объектов, которые функционируют без участия человека-оператора: беспилотных летательных аппаратов (Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)), колесных мобильных роботов (Wheeled Mobile Robots), автономных подводных транспортных средств (Autonomous Underwater Vehicles (AUVs)) и т.д.

Анализ публикаций показывает, что большое внимание уделяется разработке методов разрешения конфликтов для обеспечения безопасности движения. В морской практике основным является геометрический метод решения конфликтов [2]. В авиации чаще всего используются оптимизационные методы [3, 4], методы потенциалов [5, 6] и генетические алгоритмы [7].

Нерешенная часть проблемы. Интеграция оборудования, функционирующего на основе использования методов разрешения конфликтов, в автоматические системы управления приводит к «интеллектуализации» борта. Очевидно, что степень интеллектуализации будет отличаться в зависимости от установленного типа оборудования, заложенных в него алгоритмов работы и т.д., что существенно повлияет и на безопасность движения. В связи с этим возникает необходимость определения наличия на борту транспортного средства антиконфликтной системы и степени ее «интеллектуализации».

Целью статьи является разработка структурной схемы системы, которая позволяет проводить анализ образа поведения динамического объекта с целью определения наличия в его составе антиконфликтной системы.

Изложение основного материала. Синтез структуры системы определения наличия антиконфликтной системы (СОНАКС) предлагается проводить в четыре этапа.

Этап 1. Формирование образа интеллектуального поведения объекта.

Задача распознавания наличия на борту объекта "интеллектуальной" системы управления, обеспечивающей решение антиконфликтных задач управления с целью обеспечения безопасности должна сводиться к задаче распознавания совокупности характерного поведения и признаков объекта, управляемого такой системой. Подтверждением этого может служить высказывание Поспелова Д.А. [8]: "Для "кибернетической" машины понятие "образ" тождественно понятию "совокупность событий (признаков)"... Машина распознает не объект внешнего мира, а лишь его образ как совокупность (детерминированную заранее) поведений, событий, базовых признаков объекта" (рис.1).



Рис. 1. Базовые множества, формирующие образ интеллектуальной системы управления

Процесс формирования образа объекта, в состав которого входит антиконфликтная (интеллектуальная) система управления, неразрывно связан с

анализом всей имеющейся информации как о признаках, так и о поведении данного объекта. Анализ современных конфликтных ситуаций показывает, что в поведенческой деятельности интеллектуальных систем доминируют две составляющие: антагонистическая и рациональная.

Первая составляющая обуславливает характер сокрытия ряда поведенческих или мыслительных процессов. Наиболее активно она проявляется в области военного применения, то есть там, где необходимо сокрыть (замаскировать) свое поведение или дать противнику ложную информацию о своих намерениях и возможностях их реализации, о своем динамическом состоянии или вообще скрыть свое присутствие в области соприкосновения с противником.

В статье будем рассматривать лишь вторую составляющую, которая правдиво описывает поведение объекта (объект искренний). Она характерна в основном для гражданских объектов и направлена на обеспечение безопасности и антиконфликтности.

Для рассмотрения рациональной составляющей сделаем ряд допущений:

- формальное описание правил поведения в конфликтной ситуации определяется общепринятыми рекомендациями, что позволяет сделать допущение о согласованности стереотипов поведения конфликтующих сторон, то есть все конфликтующие стороны ставят в соответствие каждому классу ситуаций заранее определенную стратегию разрешения конфликта. При этом выход из неразрешимой ситуации также описывается соответствующими правилами;

- конфликтные ситуации не носят антагонистический характер, что заключается в отсутствии целенаправленного противодействия сторон.

Рациональную составляющую поведенческой деятельности интеллектуальных систем можно разделить на несколько признаков.

Основным признаком, который свидетельствует о наличии интеллектуальной составляющей, является поведение. Однако только по поведению невозможно сделать однозначное заключение, так как система может работать по какому либо жесткому алгоритму или может произойти случайное стечение обстоятельств, при котором мы можем принять за интеллектуальную такую систему, которая совершенно не имеет (лишена) какого либо интеллекта.

Следующим признаком, позволяющим нам идентифицировать интеллектуальную систему, является реакция на активное поведение. Активное поведение характерно тем, что вводится раздражитель и ожидается ответная реакция системы на этот раздражитель (тест). Каждая интеллектуальная система, особенно когда это связано с сохранением жизни, предотвращением опасности, должна реагировать адекватно. Если же система реагирует неадекватно или вообще не реагирует на этот раздражитель, то вероятность наличия интеллекта системы резко снижается.

Третьим признаком может служить опосредованная, предварительная информация об объекте, которая собирается заранее. Иногда может возникнуть ситуация, когда именно эта информация является решающей в процессе

принятия решения по разрешению конфликта. Например, к таким случаям можно отнести ситуации, когда конструкция объекта управления непосредственно предусматривает наличие интеллектуальной системы управления. Такие данные можно получить в результате запроса по каналу связи, из базы данных или из любого другого доступного источника.

Сам процесс распознавания есть не что иное, как сравнение эталонных значений признаков и эталонного поведения (оговоренных заранее правилами, законами, соглашениями, договорами и просто хорошей практикой) с текущими значениями признаков и поведений объекта в каждой конкретной ситуации.

В связи с этим возникает необходимость разработки правил соотнесения совокупности наблюдаемых признаков и поведения объекта к тому или иному образу. Одним из основных инструментов соотнесения признаков и поведения объекта к образу является функция штрафов, суть которой сводится к соотнесению объекта к более низкому уровню интеллектуальных способностей "управляющего" при нарушении правил поведения. Таким образом, оценивание производится по стратегии поощрения и наказания. Внешний вид типовой штрафной функции представлен на рис.2.

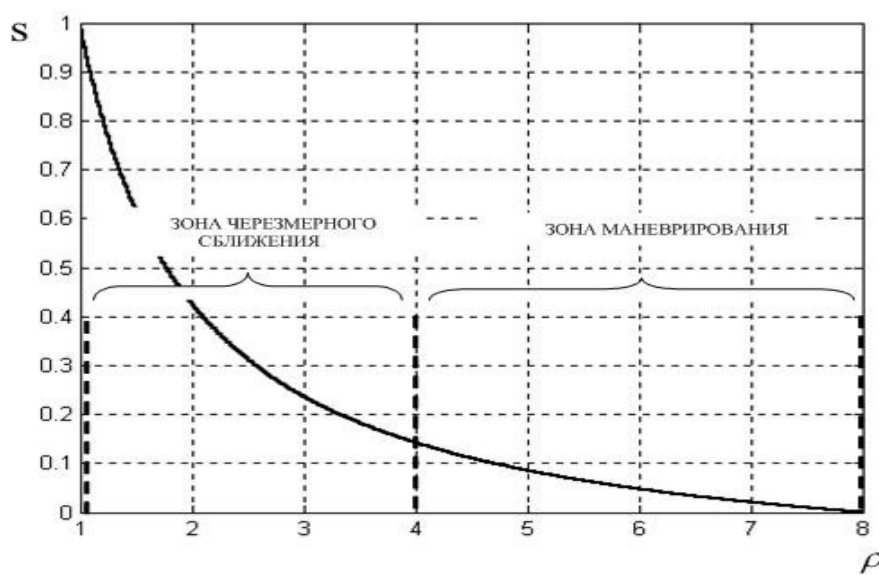


Рис. 2. Типовая штрафная функция

Этап 2. Анализ правил поведения объектов в конфликтной ситуации

Рассмотрим типовое описание правил поведения в конфликтной ситуации на примере общепринятых рекомендаций судовождения, которыми являются международные правила предупреждения столкновений судов в море [9]. Так как поведение конфликтующих сторон зависит от расстояния между ними, то все пространство можно разделить на несколько зон, как это показано на рис. 3.

Объективным показателем наличия опасности столкновения является постоянство пеленга на судно при условии движения обоих судов постоянными курсами и скоростями, а также малые величины

прогнозируемого расстояния между судами при сближении их на минимально возможную дистанцию. Опасность столкновения судов при сближении может существовать и тогда, когда пеленг заметно изменяется. Это имеет место при встрече в море с очень крупными судами (танкер, буксирный караван и др.) и при малых расстояниях между сближающимися судами. Столкновение может произойти при заметном изменении пеленга и тогда, когда суда в процессе сближения меняют свои курсы и скорости.

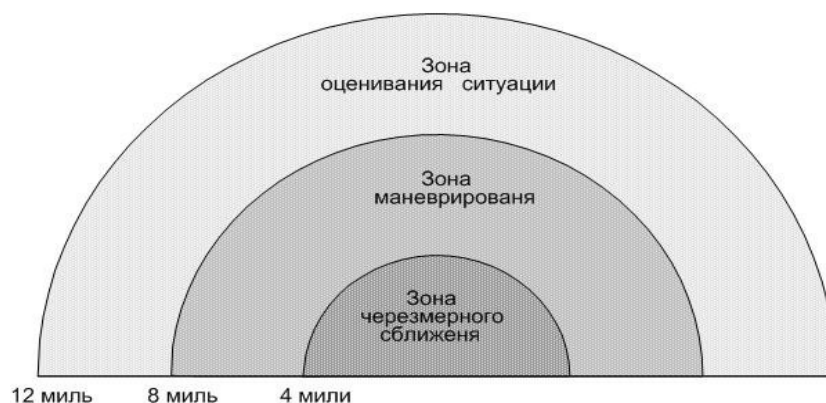


Рис. 3. Сигнальные зоны конфликтной ситуации

При возникновении конфликтной ситуации от участников ожидается регламентированное поведение, а именно:

- при сближении на противоположных или почти противоположных курсах каждое судно должно изменить свой курс вправо, чтобы встречное судно прошло по левому борту;

- при сближении на пересекающихся курсах то судно, которое имеет помеху по правой стороне, должно уступить дорогу встречному судну и при этом оно должно, если позволяют обстоятельства, избегать пересечения курса встречного судна у него по носу.

Правила поведения в конфликтной ситуации можно представить схематично (рис. 4).

Маневр на расхождение определяется исходя из ситуаций:

1. Цель сближается, удаляется или не меняет относительное положение.
2. Цель подвижна или неподвижна.
3. Цель встречная, обгоняющая, обгоняемая, пересекающая наш курс, стоящая на месте. Признаками неподвижности цели являются:

- линия относительного движения (ЛОД) цели проходит параллельно нашему курсу;

- дистанция до цели уменьшается;

- абсолютная величина относительной скорости равна нашей скорости;

- при повороте корабля на новый курс на тот же угол и в ту же сторону разворачивается ЛОД.

Цель может быть опасной, потенциально опасной или безопасной. Признаками опасности цели являются:

- минимальная дистанция расхождения меньше безопасной дистанции;
- ЛОД пересекает окружность радиусом, равным безопасной дистанции.

Таким образом, порядок взаимодействия конфликтующих сторон может быть полностью детерминирован в принятом правовом поле.

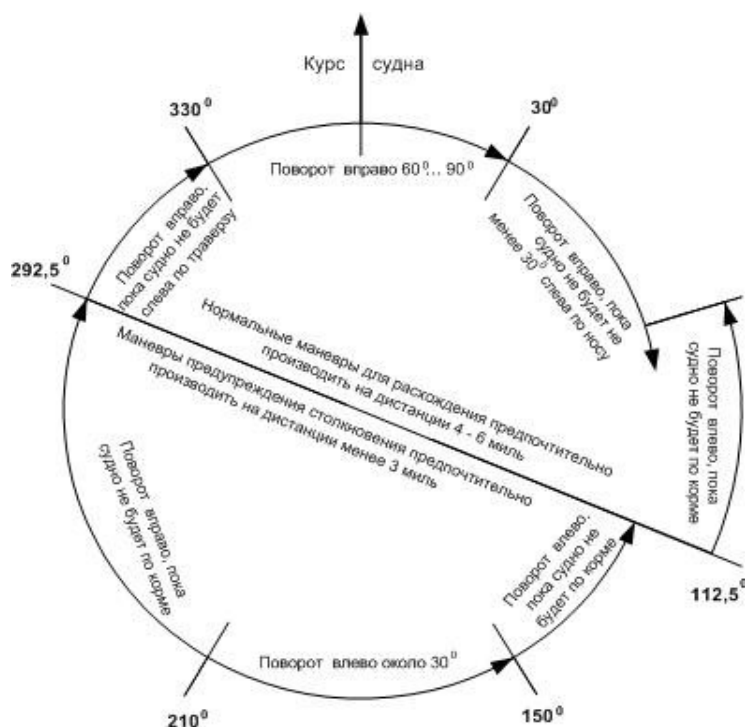


Рис. 4. Типовая диаграмма рекомендуемых маневров предупреждения столкновений объектов

Этап 3. Определение критериев оценки интеллектуального поведения объекта

Основным элементом разрабатываемой системы является алгоритм или совокупность алгоритмов, позволяющих на основе выдвинутых предварительно критериев проводить оценку наличия интеллектуальной составляющей поведения объекта. С этой целью предлагается ряд критериев оценки интеллектуального поведения морских судов при решении задачи расхождения (конфликтной ситуации).

1. Маневр расхождения начат точно на отметке заданного рубежа.
2. Движение сопровождается высокочастотной составляющей, обусловленной влиянием воздействий систем автоматического управления.
3. Класс корабля предусматривает установку на борт интеллектуальной антиконфликтной системы управления.
4. Время между маневрами на расхождение с более чем двумя целями меньше заданного, а маневры выполнены строго по регламентированным правилам.
5. Маневр расхождения с каждой из n целей производится последовательно по критерию минимальной дистанции расхождения.

6. При малых маневрах своего судна в сторону обострения конфликтной ситуации время реакции судна-цели меньше заданной величины (действие рождает противодействие).

7. После расхождения со всеми судами судно-цель возвращается на первоначальный курс с заданной точностью.

8. Наличие автоответчика.

9. При прохождении района интенсивного судоходства не данный район, а идет с неизменным курсом без страха расхождения.

10. Наличие радара и изменение его алгоритма работы (поведения) при возникновении опасности столкновения.

11. Существует предварительная априорная информация об опасном районе маршрута судна.

При разработке данных критериев были учтены три основных составляющих, участвующих в формировании образа интеллектуального поведения системы. Первая составляющая – наблюдение за безусловным поведением. При этом наблюдение производится до момента возникновения опасности столкновения. Вторая составляющая – наблюдение за условным поведением. В этом случае, как отмечалось выше, производится получение оценок поведения системы как отклик на тестовое воздействие. Третья составляющая – получение опосредованной информации об объекте.

Таким образом, основными этапами получения информации о наличии на борту объекта антиконфликтной (интеллектуальной) системы являются: идентификация, наблюдение, получение данных из базы данных, получение данных по каналу связи с объектом, получение оценок отклика на тест. Все рассмотренные этапы сопровождаются процессом накопления знаний об объекте. При этом оценка интеллектуальных свойств объекта динамически меняется во времени и ее значение может как возрастать, так и убывать.

Этап 4. Разработка структуры схемы системы СОНАКС.

Для обеспечения требований, предъявленных выше к системе СОНАКС, данная система должна состоять из трех уровней (рис.5).

Самым нижним уровнем системы является, безусловно рефлексный уровень (БРУ), который отвечает за сбор информации о состоянии и других свойствах внешних объектов. Данная информация собирается с помощью датчиков (Д-1 – Д-п) и подается на шину первого уровня. С шины первого уровня первичная информация поступает в узлы условно рефлексивного уровня (УРУ). Можно выделить три основных узла: узел идентификации, узел обработки предварительной информации и узел хранения информации.

Узел идентификации состоит из блоков:

- БИТО – блок идентификации типа объекта;
- БИСО – блок идентификации сенсоров объекта;
- БПКН – блок подсчета количества нарушений;
- БФВИ-1 – блок формирования выходной информации.

Узел обработки предварительной информации состоит из блоков:

- БОПД – блок определения параметров движения;
- БПИНО – блок получения информации о навигационной обстановке;

- БС – блоки связи;
 - БФВИ-2 – блок формирования выходной информации.
- Узел хранения информации состоит из блоков:
- БДХО – база данных характеристик объектов;
 - БДЭО – база данных экспертных оценок;
 - БНДО – блок накопления данных об объекте;
 - БФВИ-3 – блок формирования выходной информации.

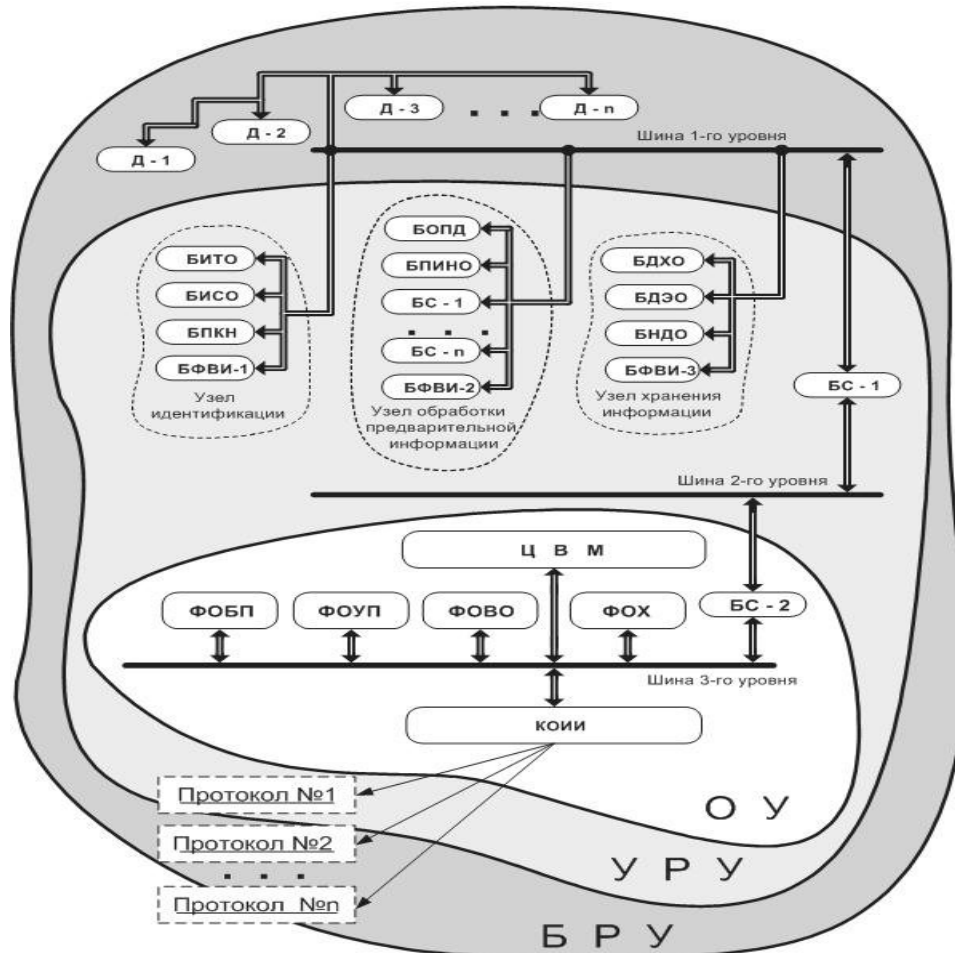


Рис. 5. Структурная схема системы СОНАКС

Обработанная соответствующими узлами информация поступает на шину второго уровня и передается через блок связи на верхний – образный уровень (ОУ). Образный уровень включает в себя следующие блоки:

- ФОБП – блок формирования образа безусловного поведения объекта;
- ФОУП – блок формирования образа условного поведения объекта;
- ФОВО – блок формирования образа вида объекта;
- ФОХ – блок формирования образа характера;

КОИИ – качественно-образный информационный интерфейс.

Сформированные на данном уровне образы выдаются на КОИИ в виде протоколов. Протоколы состоят как из образной, так и из символьной информации.

Работу системы можно разбить на несколько этапов:

1 этап – предварительный сбор априорной информации о ситуации, предполагающей возникновение конфликта.

2 этап – идентификация типа суда-цели и установленных на его борту радиотехнических и других специальных средств.

3 этап – непосредственно работа алгоритма по наблюдению, накоплению знаний об объекте и вычисление оценок его интеллектуальной мощности.

Выводы. Разработанная структурная схема системы СОНАКС, даже при ее минимальном составе, свидетельствует о том, что данная система принадлежит к классу систем верхнего уровня. Кроме того, данная система обладает свойствами управления непрерывно дискретными процессами, позволяет проводить анализ и получение обобщенных оценок состояния процессов (распознавание ситуаций, диагностика аварийных ситуаций, прогноз хода процессов), обеспечивает реализацию оптимального управления с адаптацией (с самообучением и изменением параметров и структуры системы).

Литература

1. Krozel J, Ph.D., and Peters M. DECENTRALIZED CONTROL TECHNIQUES FOR DISTRIBUTED AIR/GROUND TRAFFIC SEPARATION. NASA Ames Research Center Moffett Field, - 2000. 110 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vams.arc.nasa.gov/activities/opscons_archive/isys/Research/NASA_R
2. Коккрофт А.Н., Ламейер Дж.Н.Ф. Толкование МППСС-72. М.: Транспорт. – 1981. – 280с.
3. Hu J., Prandini M., Sastry S. Optimal maneuver for multiple aircraft conflict resolution: A braid point of view Proc. of the 39th IEEE conf. on decision and control. - Sydney. - 2000. - Vol. 4. - P. 4164-4169.
4. Tomlin C., Pappas G., Sastry S. Conflict resolution for air traffic management: A study in multi-agent hybrid systems // IEEE Transactions on automatic control. - 1998. - Vol. 43. - 4. - P. 509-521.
5. Eby M., Kelly W. Free Flight Separation Assurance Using Distributed Algorithms // Proceedings of IEEE Aerospace Conf., Snowmass. – 1999. – P. 429-441.
6. Duong V. N., Zeghal K.. Conflict resolution advisory for autonomous airborne separation in low-density airspace. 36th IEEE Conference on Decision and Control, San Diego Ca USA, Dec 10-12, 1997.
7. Irvine R. The GEARS conflict resolution algorithm A1AA 98-236 AIAA GN&C conf., Boston. - 1998.-P. 787-797.
8. Поспелов Д.А., Пушкин Д.Н. Мышление и автоматы. – М.: Сов. радио. - 1972 г. - 224с.
9. МППСС-72. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://seaman-sea.ru/colreg-72/217-colreg-72.html>.