

УДК 656.61:681.5

И. П. МАСИК, аспирант,

Киевская государственная академия водного транспорта

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ИНТЕГРИРОВАННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ В СЛОЖНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Проанализированы возможности интегрирования программных модулей в бортовой комплекс судовождения. Выделены и довольно подробно описаны три вида действий судоводителя при принятии решения для обеспечения безопасности плавания в условиях интенсивного судоходства. Рассмотрен практический пример оценки опасности навигационной ситуации на основе нечетких множеств.

Ключевые слова: интегрированные навигационные системы; судно; безопасность мореплавания; нечеткие множества.

Введение

Минувшее десятилетие ознаменовалось значительными достижениями в области автоматизации бортовых навигационных систем судовождения [2–4]. Можно выделить четыре основных этапа:

1) создание локальных, преимущественно автоматических, средств управления по отдельным группам технологического оборудования судовых функциональных комплексов, в том числе локальных систем управления судовыми техническими средствами;

2) создание функциональных систем группового управления для функциональных комплексов судовых технических средств;

3) создание комплексных систем управления функциональными комплексами судовых технических средств;

4) создание интегрированных автоматизированных систем управления судном.

На *первом этапе* развития отрабатывались технические решения по отдельным функциям, таким как регулирование, защита, дистанционное и автоматическое управление, сигнализация и т. п. На *втором этапе* была осуществлена отработка, а также унификация конструктивных решений различных систем управления функциональными комплексами судовых технических средств. *Третий этап* наряду с созданием комплексных систем управления включал в себя унификацию конструктивных решений и технической реализации отдельных функций систем управления и различных функциональных комплексов. И, наконец, на *четвертом этапе* была проведена интеграция функций комплексов систем управления и информационных управляющих систем.

Основой интегрированной системы управления является единая система обмена данными, выполненная на основе стандарта Ethernet и оптоволоконных кабелей. Указанная система обмена данными представляет собой два кольца, проходящих по всему судну и располагающихся на разных уровнях корпуса с целью обеспечения живучести. Оба кольца этой системы являются равнозначными и непрерывно функционирующими. Каждое

кольцо разделено на сегменты при помощи коммутаторов, к которым радиальными связями подключаются абоненты локальной системы управления, пульты управления, станции локальные технологические и другие объекты. Контроль состояния работоспособности системы обмена данными и передача пакетов информации в требуемых объемах возлагаются на приборы внешних связей.

Единое программное обеспечение поддерживает унификацию управляющих интерфейсов и высокую способность к модернизации интегрированной системы управления, а также возможность подключения к любой судовой системе во всех помещениях судна.

Высокая степень интеграции выступает фактором дальнейшей автоматизации управления и унификации технических решений, обеспечивая тем самым единообразие подготовки личного состава. При этом становится возможным оперативное перераспределение и расширение задач управления без изменения структуры системы управления и организационной системы судна, с введением единой номенклатуры запасных частей, что способствует сокращению расходов на обслуживание и ремонт во время эксплуатации.

Как показала практика, необходимо совершенствовать подходы, методы и принципы определения опасных навигационных ситуаций посредством судовых интегрированных систем управления. Одним из предлагаемых подходов может быть разработка интерактивной системы, повышающей эффективность принятия решений судоводителем в условиях интенсивного судоходства. Применение указанной системы позволит в масштабах реального времени решать сложные навигационные задачи.

Цель исследования — разработка так называемого *навигационного помощника* в виде набора программных модулей, соответствующих повышению безопасности управления судном в условиях интенсивного судоходства с перспективой интегрирования этого помощника в бортовой комплекс судовождения.

Основная часть

Использование современных вычислительных структур привело к изменению облика системы управления судном, причем в зависимости от его назначения реализуется три вида интеграции: функциональная, межсистемная и территориальная.

Современные информационные технологии и аппаратные средства при проектировании интегральных навигационных систем позволяют повышать алгоритмическую сложность, которая, в свою очередь, расширяет общую функциональность всей системы, а высокоточные навигационные средства дают возможность решать сложнейшие задачи управления движением судна в различных навигационных условиях.

Выделяют три вида действий судоводителя при принятии решения для обеспечения безопасности плавания в условиях интенсивного судоходства:

1) автономное действие, при котором все решения по предотвращению опасной навигационной ситуации принимаются непосредственно на судне без получения информации от других судов;

2) действие, сопровождаемое обменом информацией, при котором выбор решений на борту определяется на основании переговоров с другими судами по каналам связи;

3) действие в соответствии с указаниями и рекомендациями диспетчера береговой системы управления.

Каждое из перечисленных действий в условиях интенсивного судоходства приходится осуществлять с учетом:

- неавтономности процесса расхождения, обусловленной необходимостью учитывать возможные маневры или бездействие встречных судов;

- дефицита времени на принятие решений;
- значительной инерционности судов, требующей заблаговременных действий по устранению угрозы столкновений;
- неопределенности процессов расхождения, являющейся следствием случайных воздействий внешней среды на движение судов, а также погрешностей проводимых измерений;
- многочисленности видов судов, одновременно участвующих в судопотоке;
- ограниченности судоходной акватории, затрудняющей определение четких алгоритмов действий.

Во избежание ряда сложностей при управлении судном в таких условиях применяют бортовые комплексы судовождения, обеспечивающие полный контроль всех узлов и агрегатов судна (рис. 1).

Единая вычислительная система объединяет системы управления и контролируемые узлы (некоторые из них в целях надежности дублируются).

Для обеспечения отказоустойчивости существует возможность перераспределения задач между вычислительными узлами системы. Как правило, используется топология сети с горизонтальной структурой [3; 4]. Аппаратная платформа состоит из нескольких вычислительных машин. Для обеспечения надежности и отказоустойчивости происходит дублирование решения задач управления судном.

Была осуществлена оценка потенциальной сложности, присущей системам такого класса, и возможностей максимального повышения надежности и простоты. При определении такой оценки требовалось учитывать, с одной стороны, показатели простоты и практичности, а с другой — степень безопасности. Здесь необходимо отметить неизбежность проведения длительных экспериментов, которые, в свою очередь, повлекут временные и финансовые затраты.

Предлагается интегрировать программный модуль, помогающий судоводителю принимать решения в сложных навигационных ситуациях. Система, интегрируемая в бортовой комплекс судовождения, получила упомянутое ранее название навигационного помощника.

Структуру интеграции навигационного помощника в единый бортовой комплекс судовождения иллюстрирует рис. 2.

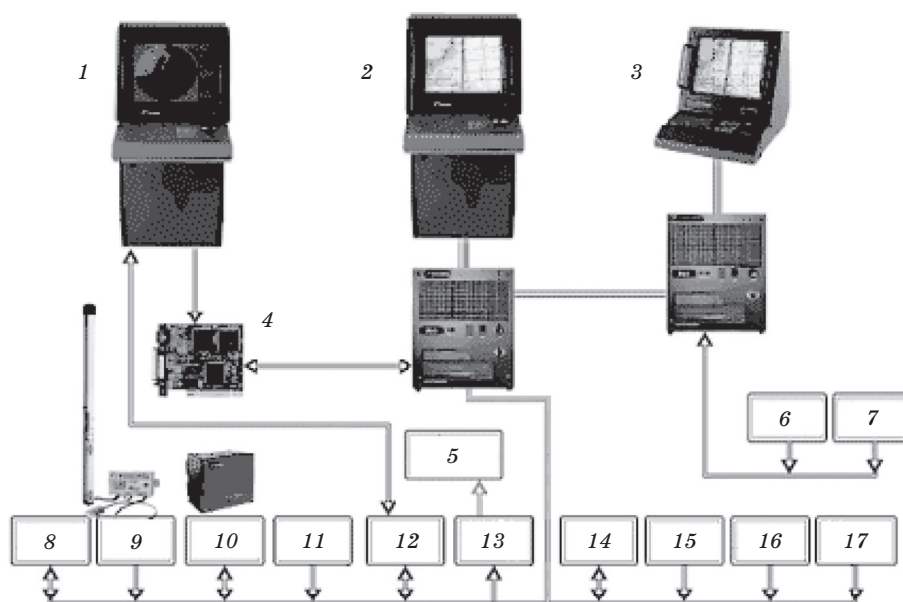


Рис. 1. Бортовой комплекс судовождения: 1 — радар; 2 — ЭКДИС ведущий; 3 — ЭКДИС ведомый; 4 — процессор; 5 — авторулевой; 6 — GPS; 7 — гироскоп; 8 — GPS; 9 — навтекс; 10 — УАИС; 11 — гироскоп; 12 — САРП; 13 — NMEA; 14 — САРП; 15 — лаг; 16 — эхолот; 17 — метеостанция

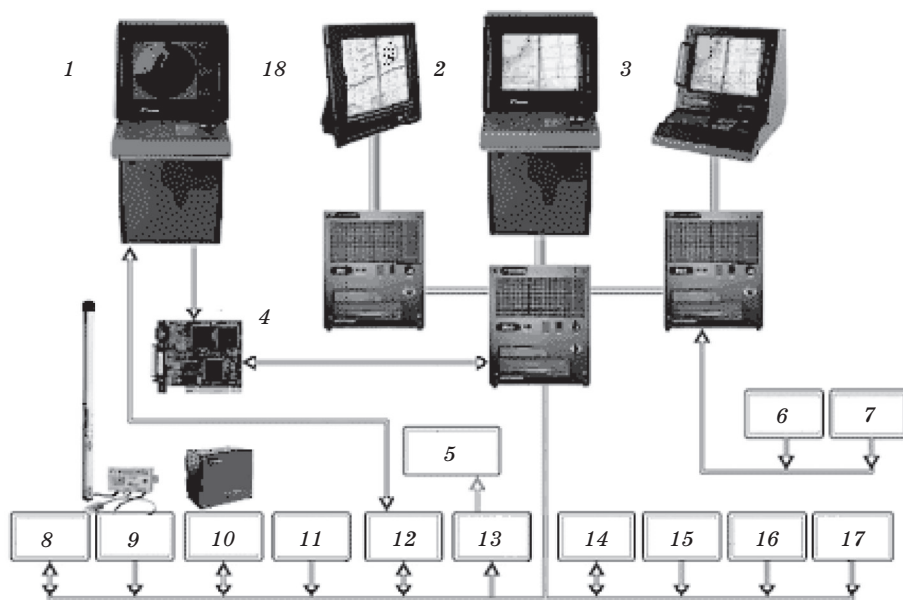


Рис. 2. Бортовой комплекс судовождения с интегрированным в него навигационным помощником: 1 — радар; 2 — ЭКДИС ведущий; 3 — ЭКДИС ведомый; 4 — процессор; 5 — авторулевой; 6 — GPS; 7 — гироскоп; 8 — GPS; 9 — навтекс; 10 — УАИС; 11 — гироскоп; 12 — CAN; 13 — NMEA; 14 — CAN; 15 — лаг; 16 — эхолот; 17 — метеостанция; 18 — навигационный помощник

Фундаментальная проблема интеграции навигационного помощника в бортовой комплекс судовождения заключается в обеспечении его взаимосвязи с элементами и частями комплекса при создании единого интерфейса обмена данными. Существует множество средств поддержки такой взаимосвязи. Одно из них — создание малых автономных блоков. Например, использование модулей и классов при проектировании системы позволяет разбить программу на две и более частей, связав их одним хорошо определенным интерфейсом.

Рассмотрим особенности функциональной и математической моделей навигационного помощника. За основу математического аппарата взята нечеткая логика. Ее средствами описывается модель ситуационного пространства, в котором находится судно. Идея нечеткого определения характера движения судна по соответствующей траектории достаточно полно раскрывается в статье В. М. Гриняка [1]. Весьма важно, что представленные модели имеют широкий спектр интерпретаций и фактически предоставляют платформу для дальнейших исследований.

Известно, что нечетким множеством A на универсальном множестве U называется совокупность пар $(A(u), u)$, где $A(u)$ — степень принадлежности элемента $u \in U$ нечеткому множеству A . Выделим три множества: A , характеризующее расстояния до объектов; B , характеризующее степень маневрирования; C , характеризующее время на принятие решений. В нашем случае степень принадлежности для множеств A , B и C — это число из диапазона $[0,1]$. Отметим, что чем выше степень

принадлежности, тем большей мерой элемент универсального множества соответствует свойствам нечеткого множества.

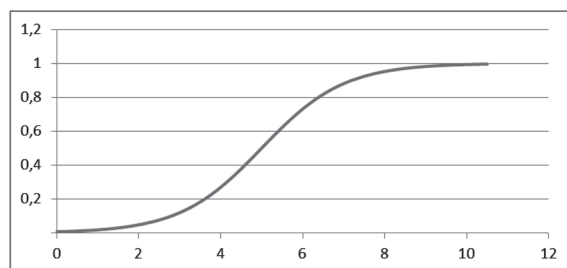
Важным элементом решения задачи на основе нечетких множеств является выбор функции принадлежности. Функцией принадлежности называется функция, позволяющая для произвольного элемента универсального множества вычислить степень его принадлежности нечеткому множеству. За основу для множеств A и B возьмем сигмоидную функцию принадлежности (рис. 3)

$$f(x; a; b) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}}$$

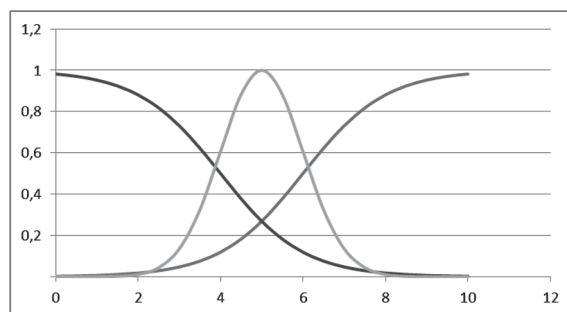
где a, b — параметры функций принадлежности.

Для множества C гауссова типа (рис. 4)

$$f(x; a; b) = e^{-\frac{(x-a)^2}{2b^2}}$$



а



б

Рис. 3. Функция принадлежности: а — для множеств A и B ; б — для множества C .

Определим термины для каждого множества:

$T_A = \{ \text{«большое расстояние»}, \text{«малое расстояние»} \}$ определяется размерами доменов судов и скоростью изменения расстояния между ними;

$T_B = \{ \text{«интенсивное маневрирование»}, \text{«незначительное маневрирование»} \}$ определяется скоростью изменения угла;

$T_C = \{ \text{«малое», «среднее», «большое»} \}$ определяется временем на принятие решения до формирования различных ситуаций, классифицируемых по степени безопасности.

Для рассмотрения особенностей функционирования навигационного помощника был взята навигационная ситуация в районе мыса Скаген (рис. 4).

ными навигационными ситуациями. Кроме того, в связи с пересечением множества судоходных маршрутов в этих районах имеется интенсивное судоходство. Поэтому там относительно часто происходят аварии судов, такие как посадка на грунт, столкновения. Столь напряженная навигационная обстановка диктуется тем, что рекомендованные

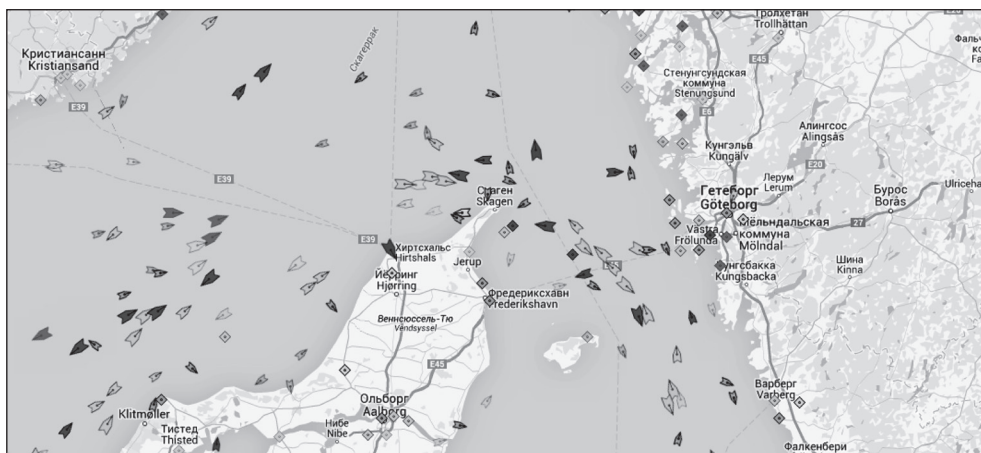


Рис. 4. Навигационная ситуация в районе мыса Скаген

Плавание балтийскими проливами, особенно для больших судов, сопряжено с определенными трудностями, так как в ряде мест рекомендованные пути проходят вблизи каменистых банок и имеют крутые повороты. В проливах кроме постоянных течений наблюдаются довольно сильные течения, зависящие от направления и скорости ветра. Фарватеры во многих местах пересекаются парными переправами. Поэтому ряд балтийских проливов характеризуются как районы со слож-

пути проходят вблизи опасностей, а пространство для расхождения встречных судов ограничено.

Главной опасностью района мыса Скаген является сложность расхождения судов, идущих пересекающимися курсами.

Рассмотрим навигационную ситуацию, представленную на рис. 5, и функционирование в ней навигационного помощника.

Отметим, что сторона каждого квадрата на рис. 5 равна 2 морские мили.

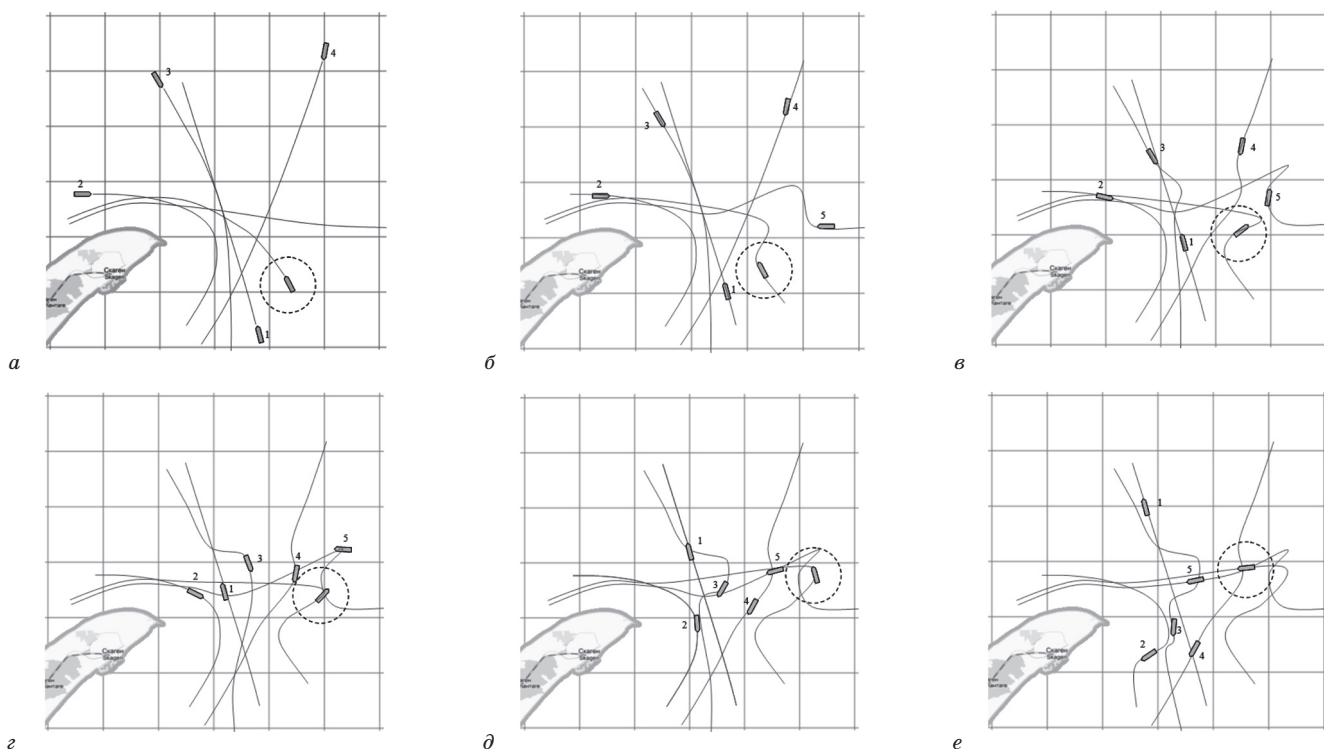


Рис. 5. Навигационная ситуация в районе с интенсивным судоходством мыса Скаген:

а — нулевая минута; б — 5-я минута; в — 10-я минута; г — 15-я минута; д — 20-я минута; е — 25-я минута

Первоначальна швидкість судов, узлов: 1-го — 12, 2-го — 10, 3-го — 15, 4-го — 14, 5-го — 12.

Пунктирним колом відмічено судно, відносно якого розглядається навігаційна ситуація.

На кожному етапі навігаційним помічником фіксуються зміни і створюється відповідний звіт по оцінці складності навігаційної ситуації.

Оцінка навігаційної ситуації

Номер судна	A	B	C	Уровень опасности	Общая оценка опасности навигационной ситуации
Нулевая минута					
1	1	0	1	2	3
2	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	
5	1	0	0	1	
5-я минута					
1	1	0	1	2	3
2	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	
5	1	1	1	1	
10-я минута					
1	0	0	0	0	7
2	0	0	0	0	
3	0	1	0	1	
4	1	1	1	3	
5	1	1	1	3	
15-я минута					
1	0	0	0	0	8
2	0	1	0	1	
3	0	1	0	1	
4	1	1	1	3	
5	1	1	1	3	
20-я минута					
1	0	0	0	0	6
2	0	1	0	1	
3	0	1	0	1	
4	0	1	0	1	
5	1	1	1	3	
25-я минута					
1	0	0	0	0	5
2	0	1	0	1	
3	0	1	0	1	
4	0	0	0	0	
5	1	1	1	3	

І. П. Масик

ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНІХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СУДНОМ У СКЛАДНИХ НАВІГАЦІЙНИХ УМОВАХ

Проаналізовано можливість інтегрування програмних модулів у бортовий комплекс судноводіння. Розглянуто практичний приклад оцінювання небезпеки навігаційної ситуації на основі нечітких множин.

Ключові слова: інтегровані навігаційні системи; судно; безпека мореплавства; нечіткі множини.

I. P. Masyk

APPROACHES TO THE CREATION OF INTEGRATED NAVIGATION SYSTEMS FOR GUIDANCE OF THE SHIP IN DIFFICULT NAVIGATION CONDITIONS

The analysis of the possibility of integration the software modules in the on-board navigation is considered. There are three types of actions when making a decision to secure navigation in case of heavy traffic with a description of their features. Practical example of a risk assessment to navigation based on fuzzy sets.

Keyword: integrated navigation system; ship; maritime safety; fuzzy sets.

В відповідності з ситуаційною моделлю визначення рівня небезпеки навігаційної обстановки отримуємо оцінку по навігаційній ситуації через кожних 5 хв, представлену в таблиці.

Аналізуючи дані, отримані за допомогою навігаційного помічника, бачимо: ситуація отримала максимальний сумарний бал небезпеки на 15-й хвилині, що відповідає реальному положенню. Крім того, ситуаційні малюнки показують, що рішення судноводителями приймалися в відповідності з правилами МППСС-72 і коректувалися при кожному зміні навігаційної ситуації.

Висновки

Визначено можливості інтегрування програмних модулів в бортовий комплекс судноводіння.

Виділено три види дій судноводителя при прийнятті рішення для забезпечення безпеки плавання: 1) автономне; 2) з обміном інформацією; 3) згідно з вказівками і рекомендаціями диспетчера. Крім того, здійснено описання їх особливостей.

На основі теорії нечітких множин розглянуто практичний приклад оцінки небезпеки навігаційної ситуації в районі мису Скаген. Отримано оцінку зміни рівня небезпеки з часом.

Література

1. **Гриняк, В. М.** Нечеткое определение характера движения при многомодельном сопровождении траектории судна обзорной РЛС / В. М. Гриняк, А. С. Девятисильный // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* — 2013. — №6. — С. 13–20.
2. **Вагуценко, Л. Л.** Интегрированные системы ходового мостика. — Одесса: Латстар, 2003. — 169 с.
3. **Ваулин, Ю. В.** Система моделирования и постобработки данных бортовых навигационных систем автономного подводного робота / Ю. В. Ваулин, Ю. Р. Дубровой // *Подводные исследования и робототехника.* — 2010. — №1(9). — С. 22–28.
4. **Нечаев, Ю. И.** Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени // *Тр. 5-й Всерос. конф. «Нейроинформатика-2003».* — М.: МИФИ, 2003. — Ч. 2: Лекции по нейроинформатике. — С. 119–179.