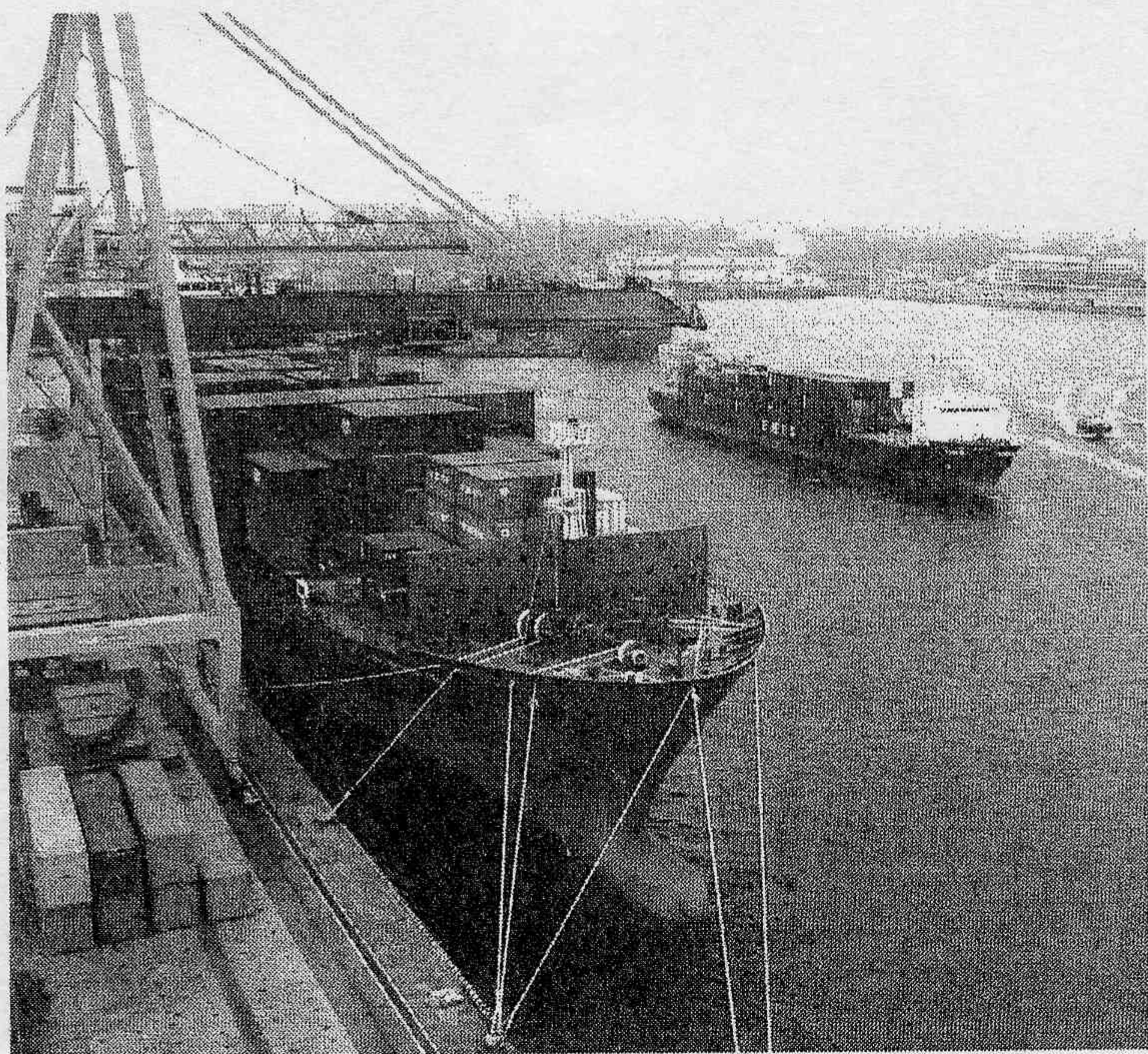


# ПОРТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА МОРЕПЛАВАНИЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ



**Министерство образования и науки Украины  
ОДЕССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ**

*Посвящается 75-летию со дня рождения  
Александрова Михаила Николаевича  
великого ученого-кораблестроителя,  
внесшего значительный вклад в  
безопасность мореплавания*

**ПОРТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА МОРЕПЛАВАНИЯ**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК**

каждом шаге по (или против) часовой стрелке, в зависимости от того, является ли текущий угол наклона вектора к оси абсцисс больше или меньше аргумента  $\varphi$ , т.е. знак  $\xi_i = \pm 1$  очередного угла поворота, выбирается из условия  $\text{sign} \xi_i = \text{sign} \varphi_i$ .

Для точного определения значений угла проводится цифровая обработка оцифрованных сигналов при помощи оконной фильтрации и нормализации (использование заранее известных табличных значений синуса и косинуса полученных при обработке).

Вычисленные мгновенные значения углов обрабатывается в вычислителе и могут быть представлены в удобной форме на индикаторе, а также передаются по интерфейсу RS – 232 в персональный компьютер для последующей обработки, сохранения и выдачи результата опыта.

**Заключение.** Исходя из анализа поведения маятника установленного в любой точке судна получены зависимости позволяющие определить действительный угол наклона судна как на тихой воде так и при качке. Разработан совершенно новый прибор в котором на порядок повышена чувствительности, что дает возможность проводить опыт кренования при малых наклонениях судна.

В отличие от своих прототипов в приборе значительно упрощена кинематическая система, что дало возможность исключить трение в шарнирах и избежать сложных регулировок. Запись информации и ее обработка ведется специальным электронно – вычислительным блоком.

### Литература

1. Слижевский Н.Б., Король Ю.М., Тимошенко В.Ф., «Энциклопедия судов» Николаев: НУК, 2005 – 172с.
2. Руководство по техническому надзору и изготовлением материалов и изделий. Часть 6. Надзор за постройкой судов. Регистр СССР. Л.: Внешторгиздат 1987.
3. Найденов Е.В. Контроль посадки и остойчивости судна. – М.: Транспорт, 1983.-141с.
4. Смирнов Е.Л., Яловенко А.В., Перфильев В.К., Воронов В.В., Сизов В.В. Технические средства судовождения. Учебник для вузов.-СПб.: «Элмор», 2000.-656с.

УДК 681.3

## НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

*А.К.Снигур, А.П.Еременко - Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова*

**Введение.** Значительное количество аварий современных морских судов связано с превышением напряжений корпуса при плавании в условиях шторма или неправильном проведении грузовых операций [1]. Последствия таких аварий - разрушения корпуса, утечка опасных веществ, гибель экипажа. Для

предотвращения указанных аварий применяются меры обеспечения прочности при эксплуатации судна: выбирается безопасный способ распределения груза и правильная постановка судна на волнении с одновременным выбором скорости движения. Последняя задача требует от капитана знания прочностных характеристик корпуса и характеристик волнения а также принципов безопасного штормования. Величины, описывающие характер волнения в данный момент времени, являются стохастическими, а характеристики прочности судна могут отличаться от расчетных.

*Цель работы.* Для повышения безопасности мореплавания необходимо оснащение судна специализированными вычислительными системами, которые могли бы анализировать информацию об изгибных колебаниях и изгибах корпуса судна, его скоростях и ускорениях, положении судна по отношению к волне, интенсивности волнения и предоставлять судоводителю оценку степени опасности текущего состояния судна и возможных действий по уменьшению степени опасности. К настоящему времени элементы таких системы уже созданы [2], однако нерешенной остается задача синтеза информационного, математического и программного обеспечения [3].

*Решение поставленной задачи.* При построении специализированных вычислительных систем контроля безопасности судна необходимо решать задачи оценивания сигналов при воздействии случайных помех, принятия решения в условиях неопределенности, анализа накопленных к данному моменту времени знаний о безопасности штормования. Для указанных задач могут быть применены искусственные нейронные сети, успешно зарекомендовавшие себя в различных областях науки и техники, в частности, оценивании состояния и диагностики технических систем, предсказания случайных процессов, калибровки измерительных приборов и др. [4, 5]

Процесс контроля безопасности штормования можно разделить на два этапа: [1]

- 1) анализ поля деформаций корпуса;
- 2) анализ состояния безопасности штормования.

Решение первой задачи основывается на измерении деформаций корпуса судна и вычислении по результатам этих измерений напряжений в опасных сечениях.

Для определения деформаций корпуса используются инерциальные измерительные модули, устанавливаемые в корпусе судна по направлению его продольной оси. Каждый модуль содержит три датчика угловой скорости и три линейных акселерометра. Определение угловой ориентации каждого модуля производится по разработанным к настоящему времени алгоритмам работы платформенных инерциальных навигационных систем. Учет в показаниях модуля значений ходового и статического дифферента, а также крена позволяет определить угловую деформацию корпуса судна в точке установки модуля. Для определения напряжений в данной точке используется модель деформаций корпуса, в качестве которой используется модель изгибов и кручений непризматической балки.

Информация, получаемая от инерциальных датчиков содержит стохастическую составляющую и детерминированную ошибку. Для обработки такой информации используются различные статистические методы, в

частности, фильтр Калмана. Однако, по результатам работы [6] можно сделать вывод о рациональности применения нейронных сетей для решения задач обработки навигационной информации.

Для оценивания напряжений корпуса судна могут быть использованы многослойные нейронные сети прямого распространения [7]. Такие сети аппроксимируют функцию распределения напряжений корпуса, аргументом которой являются угловые деформации корпуса в точке установки инерциальных измерительных модулей. Для того, чтобы сеть могла аппроксимировать некоторую функциональную зависимость, она должна быть предварительно обучена. Процесс обучения заключается в настройке параметров сети, таким образом, чтобы выходной сигнал сети соответствовал эталонному значению. В качестве эталонных значений используются результаты расчета напряжений в корпусе судна по заданным деформациям, производимого методами теории упругости и сопротивления материалов.

Схема многослойной (для примера приведено три слоя) нейронной сети прямого распространения представлена на рисунке 1 [7]. Работа такой сети описывается системой уравнений [4]

$$\begin{cases} a_1 = f_1(IW_{1,1}p + b_1), \\ a_2 = f_2(LW_{2,1}a_1 + b_2), \\ a_3 = f_3(LW_{3,2}a_2 + b_3), \\ \dots; \\ a_N = f_N(IW_{N,N-1}a_{N-1} + b_N). \end{cases}$$

где  $P$  - вектор входов сети, в качестве которого используется вектор углов поворота корпуса, полученных от инерциальных блоков, расположенных по его длине;

$f_1, f_2, f_3$  - функции активации слоев сети, в качестве которых, как следует из работы [6], можно использовать сигмоидные функции вида

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-a(x-c))}, \text{ где } a \text{ и } c - \text{ константы [4];}$$

$IW_{1,1}, LW_{2,1}, LW_{3,2}$  - матрицы весовых коэффициентов слоев;

$b_1, b_2, b_3$  - векторы смещения нейронов слоев;

$a_1, a_2, a_3$  - векторы выходов слоев.

Для обучения сети формируется обучающая выборка, состоящая из эталонных пар «вход-выход», затем выполняется последовательность операций в соответствии с методом «обратного распространения ошибки»: [4]

а) задаются шаг обучения  $\alpha$  и остаточная среднеквадратическая погрешность  $\epsilon$ ;

б) производится инициализация весовых коэффициентов  $IW_{1,1}, LW_{2,1}, LW_{3,2}, \dots$  и смещений  $b_1, b_2, b_3, \dots$  случайными числами;

в) последовательно подаются пары «вход-выход» из обучающей выборки.

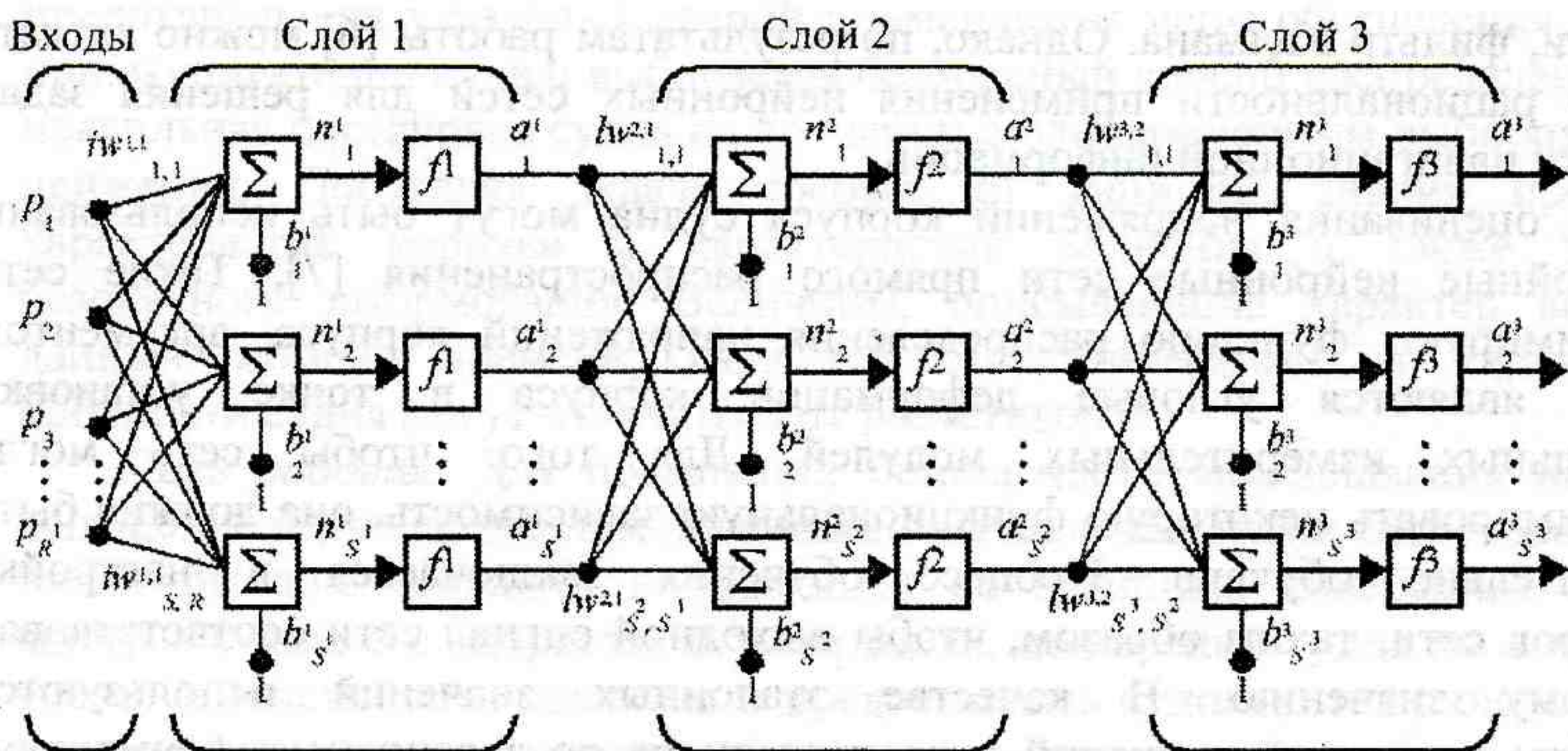


Рис.1 Схема многослойной нейронной сети прямого распространения

Для каждой пары производится следующие операции:

В1) вычисляются выходные векторы каждого слоя: [2]

$$\begin{cases} a_1 = f_1(IW_{1,1}p + b_1), \\ a_2 = f_2(LW_{2,1}a_1 + b_2), \\ a_3 = f_3(LW_{3,2}a_2 + b_3), \\ \dots; \\ a_N = f_N(IW_{N,N-1}a_N + b_N). \end{cases}$$

В2) вычисляется ошибка последнего слоя  $y_N$

$$y_N = a_N - t,$$

где  $a_N$  - выход последнего слоя сети (предполагается, что последний слой состоит из одного нейрона;  $t$  - эталонное значение выхода, представляющее собой результат расчета напряжений методами сопротивления материалов;

В3) вычисляется ошибка всех предшествующих слоев по формуле

$$y_i = \sum_j y_{i+1} F'(S_{i+1}) w_{i,i+1},$$

где  $F'(S_{i+1}) = \frac{\partial a_{i+1}}{\partial S_{i+1}}$ ;  $S_{i+1}$  - аргумент функции активации слоя с номером  $i+1$ .

В4) изменяются весовые коэффициенты слоев по формуле:

$$w_{i,j}(t+1) = w_{i,j}(t) - \alpha y_j F'(S_j) a_i;$$

В5) изменяются смещения слоев по формуле

$$b_j(t+1) = b_j(t) + \alpha y_j F'(S_j);$$

г) вычисляется суммарная среднеквадратичная ошибка сети

$$\epsilon = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^L \sum_j (a_j^k - t_j^k)^2,$$

где  $L$  - размерность обучающей выборки  $t$  - эталонное значение;

д) если полученное значение среднеквадратичной погрешности превышает допустимое значение остаточной погрешности, принятое на шаге а), то возвращаются к шагу в), в противном случае сеть считается обученной.

Задача анализа безопасности режима штормования представляет собой анализ текущего состояния судна (параметры ориентации, расположение груза, скорость движения, напряжения в характерных сечениях корпуса и т.д.) и состояния внешней среды (сила волнения, длина волн, курсовой угол волн) с целью определения степени возможности возникновения аварийной ситуации (опрокидывание судна, смещение груза, разрушение корпуса и т.д.). Решая такую задачу, капитан использует ряд нормативных документов, и имеющийся у него опыт мореплавания. Решение этой задачи с помощью программных средств должно основываться на моделировании ассоциативной памяти. Наиболее часто в качестве средств ассоциативной памяти используются самоорганизующиеся сети Кохонена, архитектура которых представлена на рисунке 2 [7].

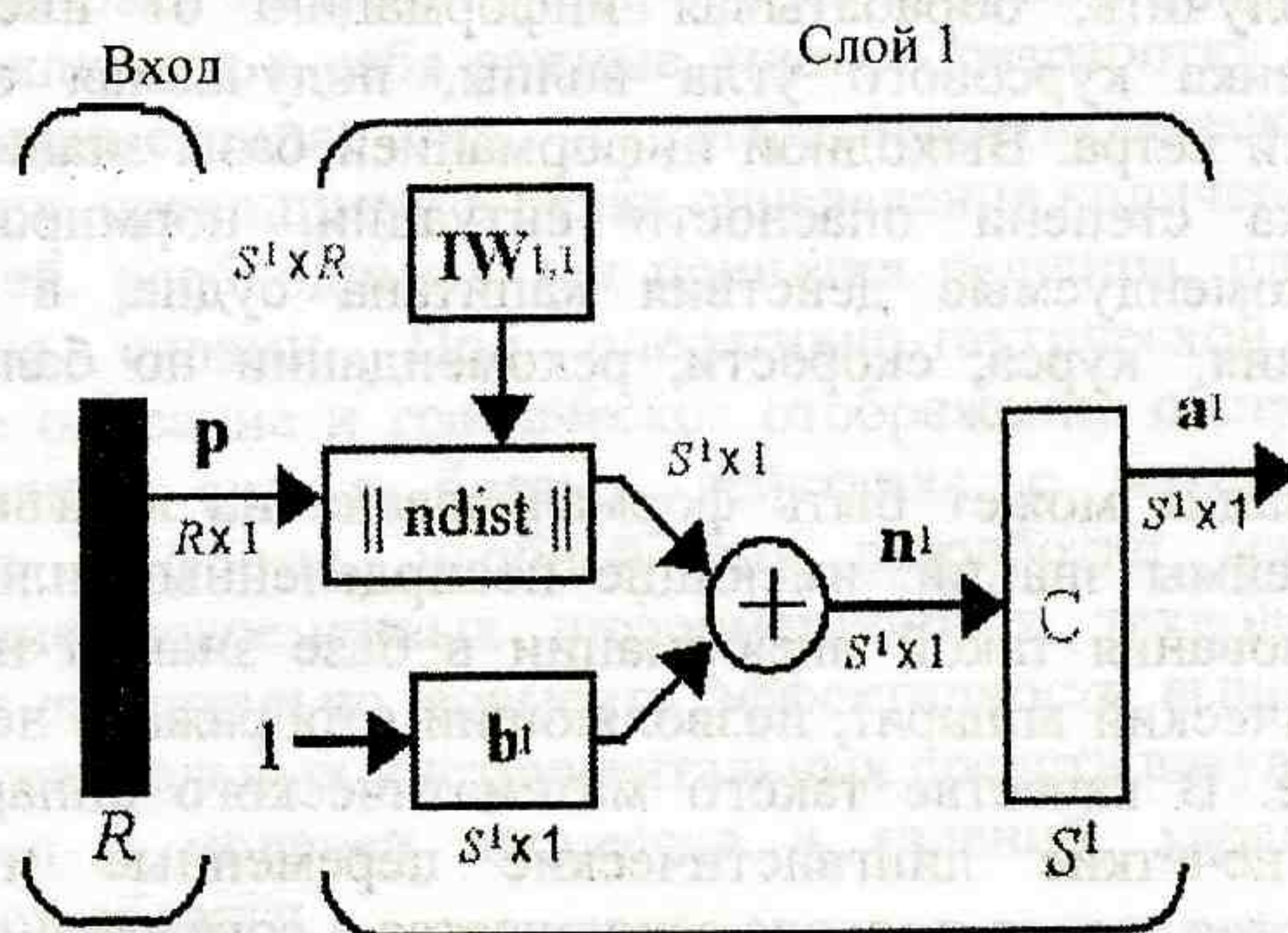


Рис. 2 Архитектура самоорганизующейся сети Кохонена

Здесь

$P$  - входной вектор размерностью  $R \times 1$  ;

$IW_{1,1}$  - матрица весовых коэффициентов

$C$  - функция активации слоя;

$\|ndist\|$  - операция вычисления нормированного евклидова расстояния между столбцами матрицы весовых коэффициентов  $IW_{1,1}$  и вектором

входов  $P$ :  $\|IW - P\| = \sqrt{\sum_{j=1}^R (IW_j - P_j)^2}$ . Нормировка заключается в обеспечении

выполнения равенств  $\sqrt{\sum_{j=1}^R (IW_j)^2} = \sqrt{\sum_{j=1}^R (P_j)^2} = 1$ . [5]

Принцип работы сети Кохонена заключается в сопоставлении входного вектора с имеющейся в «памяти» сети информацией и выдачи выходной величины, соответствующей такому значению входного вектора, которое наиболее близко к предъявленному сети. В качестве меры близости используется евклидово расстояние.

Применительно к задаче оценивания безопасности штормования сеть Кохонена может быть использована для сопоставления текущего состояния

судна и окружающей его среды с накопленной базой знаний в которой отражен опыт мореплавания в штормовых условиях.

Для создания базы знаний необходимо использовать разработанные к настоящему времени рекомендации по проведению штормования [1], диаграммы штормования, в частности универсальная диаграмма Ю.В. Ремеза, диаграммы качки В.Г. Власова, С.Н. Благовещенского, Л.М. Ногида, штормовые диаграммы В.Б. Липиса и Д.Б. Кондрикова для данного типа судов, диаграммы Р. Тасаки, С. Такезава и др. [1] База знаний должна использовать в качестве входной следующую информацию: тип судна, главные размерения судна, характеристики размещения груза, прочностные характеристики корпуса, скорость судна, оценочные значения напряжений в характерных сечениях корпуса, получаемые от нижнего уровня нейросетевой системы обеспечения безопасности штормования, спектр волнения и его сила (эти параметры можно получить, обрабатывая информацию от инерциальных датчиков БИНС), оценка курсового угла волны, получаемая от датчика направления и скорости ветра. Выходной информацией базы знаний является количественная оценка степени опасности ситуации, нормированная на интервал  $[0,1]$  и рекомендуемые действия капитана судна, в частности, рекомендуемые значения курса, скорости, рекомендации по балластировке судна и т. д.

Исходная информация может быть формализована на лингвистическом уровне, содержать фреймы знаний, имеющие неопределенный или нечеткий характер. Для использования такой информации в базе знаний необходимо использовать математический аппарат, позволяющий отображать нечеткость в количественной форме. В качестве такого математического аппарата могут быть использованы нечеткие лингвистические переменные и нечеткие множества. Преимущество такого подхода заключается в согласовании области значений функций принадлежности  $([0;1])$  и диапазонов изменения данных в обучающей выборке, что позволяет использовать нечеткие данные, представленные в лингвистической форме для обучения нейронных сетей.

**Заключение.** В данной работе рассматривается решение задачи синтеза математического обеспечения системы контроля безопасности штормования. Предложенная двухуровневая архитектура и алгоритмы работы нейросетевой системы обработки информации позволяют создать интеллектуальную систему, обеспечивающую безопасность штормования.

### *Литература*

1. Козырь Л.А., Аксютин Л.Р. Управление судами в шторм. - М.: Транспорт, 1991. - 95 с.
2. MaxControl BV Datasheet / <http://www.maxcontrol.nl>
3. Ривкин С. С. и др. Определение параметров ориентации объекта бесплатформенной инерциальной системой. - СПб. : ГНЦ РФ-ЦНИИ "Электроприбор", 1996. - 226 с.
4. Головкин В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. - М.: ИПРЖР, 2001. - 256 с.
5. Снигур А.К. Нейронные технологии в морском приборостроении // Кораблебудування: освіта, наука, виробництво: Матеріали міжнародної конференції: В 2 т. - Миколаїв: УДМУ, 2002. - Т. II. - С.258-260.



5. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. - Спб.: Наука и техника, 2003. - 384 с.

6. Demuth H., Beale M. Neural Network Toolbox User's Guide. - Natick: The MathWorks, Inc, 2000. - 864 p.

УДК 621.142

## ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ И СЦЕНАРИЕВ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЕННО-МОРСКИХ СИЛ В МОРСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗОНАХ

*И.В. Плетяный - Научный центр ВМС Украины*

*Постановка задачи.* Планирование морских операций и боевых действий на море включает в себя важные этапы – разработку оперативно-тактической модели применения сил и оперативно-тактические расчеты, то есть вычисления, проводимые в целях определения количественных и качественных показателей, необходимых для принятия решения, планирования операций и управления силами. Под оперативно-тактической моделью понимается словесное описание и графическое отображение обстановки, задач и условий использования сил в боевых действиях с максимальной схематизацией материала в форме, удобной для разработки математических моделей. Применение современных информационных технологий и мощных ЭВМ позволяет значительно повысить эффективность выше указанных этапов при наличии специальных инструментальных средств визуального конструирования алгоритмов и моделей процессов и явлений, характерных для указанной предметной области.

*Анализ последних исследований и публикаций.* В настоящее время создание методов и средств конструирования алгоритмов, моделей и сценариев для разработки и функционирования учебно-тренировочных средств является актуальной научной проблемой. Камнем преткновения при разработке различных компьютерных приложений, повышающих эффективность деятельности специалистов и экспертов в той или иной предметной области, является сложность разработки программного обеспечения. К процессу разработки приложений привлекаются как минимум три группы специалистов:

- эксперты (постановка задачи, предоставление информации, специфической данной предметной области);
- математики (формализация данных, преобразование их в математическую форму);
- программисты.

Проблема сложности программного обеспечения возникла вместе с изобретением компьютера. Основной путь решения данной проблемы - объединение визуальных инструментов конструирования пользовательского интерфейса с понятными аналитическими вычислениями, реализующими бизнес логику приложения [1]. Данный подход обычно реализуется в виде интегрированных систем, рабочих сред, объединяющих в себе методы обработки данных и эффективные средства представления результатов их обработки.