

На правах рукописи

УДК. 004.89:656.61

Чкония Валентина Александровна

**ОПТИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА
ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ
СУДОВОЖДЕНИЯ**

Специальность 05.22.19 - Эксплуатация водного транспорта,
судовождение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Мурманск - 2004

Работа выполнена в Мурманском государственном техническом университете

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
В.И. Меньшиков

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
С.Ю. Развозов

кандидат технических наук, доцент
К.В. Слатин

Ведущая организация: ОАО «Мурманское морское пароходство»

Защита диссертации состоится « 8 » января 2004 г. в
10-00 часов на заседании диссертационного Совета КМ
307.009.02 Мурманского государственного технического
университета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой
печатью, просим направить по вышеуказанному адресу: 183010, г.
Мурманск, ул. Спортивная 13, МГТУ. Ученому секретарю
диссертационного Совета КМ 307.009.02.

Автореферат разослан « 28 » сентября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук



И.Э. Бражная

2005-4
20639

919486

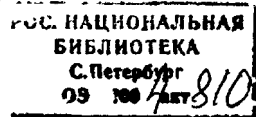
3

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. По мере развития научно-технического прогресса, возможности человека все больше и больше отстают от возможностей техники и, как следствие, все больше аварийных случаев в морской индустрии происходит уже по вине человека, а не техники. Это явление, получившее название "человеческий фактор", стало отправным в понимании того, что безопасной эксплуатацией судов необходимо управлять. Именно поэтому усилиями Международной Морской Организации (ИМО) и классификационных обществ был сформулирован перечень правил, обеспечивающих минимизацию влияния "человеческого фактора" на безопасность судождения за счет применения способов управления безопасной эксплуатацией судов компаний, в том числе и управления деятельностью судовых специалистов.

Способы управления "человеческим фактором" разработаны и нашли свое отражение в таких документах, как резолюция ИМО А. 741 (17), вошедшая в состав Конвенции СОЛАС - 74 как Кодекс по управлению безопасностью, а также Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты, ставший составной частью Конвенции ПДМНВ - 78/95. Однако в этих документах недостаточно полно освещается проблема, связанная с повышением эффективности использования уже достаточно широко применяемых на транспортных и рыболовных судах интеллектуальных систем судождения.

Повышение эффективности использования интеллектуальных систем судождения целесообразно осуществлять за счет рационального объединения естественного интеллекта судоводителя и элементов искусственного интеллекта, которые привнесены в техническое средство судождения и которые являются его неотъемлемой частью. Именно поэтому данная диссертационная работа посвящена разработке формально-математической модели деятельности морского специалиста в сетях интеллектуальных эргатических организмов.



Целью диссертационной работы является составление систем правки, которые, определяя оптимальный порядок деятельности судоводителя в сети интеллектуального эргатического организма, позволяют получать последнему необходимую и достаточную навигационную информацию, обеспечивающую безопасность плавания при ведении обсервационного счисления пути судна. Кроме того, такая система правил должна способствовать поддержанию у судоводителя нужного уровня компетентности в части определения меры важности навигационной ситуации, анализа тенденций развития этой ситуации и взвешивания результатов возможных последствий.

Для достижения поставленной выше цели в диссертационной работе были решены следующие основные задачи:

- исследована правомочность применения к описанию процесса деятельности судоводителя, выполняемой им в рамках интегрированной системы ходового мостика (ИСМ), математических теорий эргатических и интеллектуальных систем;

- составлена динамическая модель текущей деятельности судоводителя в некоторой производственной ситуации и показано, что такая модель в силу своей нечеткости не позволяет без дополнительного уточнения элементов структуры "Судоводитель - ИСМ" вообще осуществить четкое описание этой деятельности;

- конкретизирована производственная деятельность судоводителя при плавании судна в заданной полосе положения расчет которой обеспечивает, с одной стороны, минимум текущих навигационных рисков, а, с другой - энергетических затрат судоводителя, необходимых для поддержания заданного уровня безопасности навигации;

- составлена модель деятельности судоводителя в составе ИСМ, для различных вариантов его компетенции и показано, что компетентность судоводителя является основной при обеспечении безопасности навигации;

- введены уточнения в предложенную Международной Морской Организацией (ИМО) модель Риазона, которая ИМО рекомендуется

судоходным компаниям для классификации ошибок морских специалистов, и даны практические рекомендации по использованию этого уточненного аналога модели;

- составлено оптимальное, в смысле минимума организационного риска математическое описание деятельности судоводителя, которое способно обеспечить рациональную интегрирующую функцию в эргатическом интеллектуальном организме между судоводителем и техническим средством, обладающим тезаурусом при решении задачи по обеспечению безопасности навигации;

- разработан организационный проект (объединение процедур) использования спутниковой навигационной аппаратуры (СНА) при контроле безопасности навигации для обсервационного счисления пути судна, который способен обеспечить эффективную (по признаку полноты использования тезауруса технического средства) внутрисистемную интеграцию судоводителя и технического средства судовождения (ТСС).

Научную новизну предлагаемой к защите диссертационной работы можно определить следующими положениями:

1. Показано, что при описании производственной деятельности судоводителя в сети интеллектуальной системы можно использовать математический аппарат теории эргатических систем, однако при этом следует расширить состав эргограмматик таких систем, включив дополнительно в него положение об эффективности использования тезауруса ТСС.

2. Составлена методика структурирования деятельности морского специалиста в сети интеллектуального эргатического организма (системы), которая способна повысить эффективность использования судоводителем программного продукта, реализованного в ТСС для обеспечения безопасности навигации при обсервационном счислении пути судна.

3. Разработан и предложен к использованию организационный проект деятельности судоводителя (последовательность процедур) в сетях СНА, который способен, с одной стороны, обеспечить эффективное использование программного продукта аппаратуры, а с

другой - минимизировать возможные навигационные риски, обусловленные «человеческим фактором».

Практическая ценность работы. По материалам исследований, выполненных в данной работе, составлены практические рекомендации по эффективному использованию СНА на транспортных и рыболовных судах Северного бассейна. Кроме того, эти рекомендации используются в МГТУ при подготовке курсантов и студентов, а также в процессе переподготовки морских специалистов.

Апробация работы. Основные положения и результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава МГТУ в период 2000 - 2003гг.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 7 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Работа содержит 128 страниц основного текста, 7 рисунков и приложение на 14 страницах. Список литературы включает 120 наименований, из них 13 зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности диссертационной работы, а так же сформулирована цель исследования и дан перечень задач исследования.

В первой главе показано, что функциональная интеграция датчиков судовой информации, которая предусмотрена в требованиях Резолюции ИМО MSC. 64(67), позволяет рассматривать комплекс интегрированной системы мостика (ИСМ) как достаточно сложную эргатическую и интеллектуальную систему, к которой предъявляются весьма высокие требования в части обеспечения общей надежности. Однако ее оценка для любой сложной системы и, тем более, сложной эргатической, осуществляемая только по заданным показателям работоспособности отдельных элементов (в том числе и людей), связана как с формализацией и достаточно серьезными

вычислительными трудностями, так и с неопределенностью, которую вносит в расчеты коммерческая тайна производителей контрольной и управляющей аппаратуры.

В настоящее время при формировании моделей безопасности навигации, как правило, рассматриваются только простейшие интеллектуальные системы, которые, относясь к классу технически управляющих, содержат в своем составе только одного человека, реализующего всего одну заданную цель. Чтобы из такой модели получить более сложный вариант эргатической системы, например, эргатический организм, достаточно расширить обязанности управляющего звена (человека) и приписать ему функции управления, как судном, так и производственным процессом.

Вполне естественным является то, что для разработки эффективной программы деятельности судоводителя в интеллектуальном эргатическом организме "Судоводитель - ИСМ", автор диссертационной работы привлекает парадигму искусственного интеллекта. Парадигма искусственного интеллекта, в свою очередь, позволяет выделить один из основных элементов, который определяет характер взаимосвязи между техническим средством и судоводителем. Таким связующим началом является информационная модель с предметной областью в виде динамического пространства знаний, обладающего следующей структурой

$$\langle P, F, S, I \rangle, \quad (1)$$

где P - база продукционных правил, F — база алгоритмов формальных процедур обработки измерительной информации; S - база статистических моделей, I - база имитационных моделей.

Формализованное описание этого пространства знаний может быть получено путем анализа, систематизации и структуризации знаний в области обеспечения безопасной эксплуатации судна и выполнения заданий производственного плана. В дальнейших исследованиях принято считать, что динамическое пространство знаний вида (1) определено на этапе производства технического средства.

При составлении эффективной программы деятельности судоводителя в составе системы «Судоводитель - ИСМ» автор диссертационной работы использовал правило продукций вида «ситуация - действие». Такое правило позволило широко использовать принципы распараллеливания операций, перехода к специализированным архитектурам, которые ориентированы на обработку динамического пространства знаний вида (1). Кроме того, правило продукций дает право разделить технический опыт и знания на аналитическую и фактическую компоненты и обеспечить процесс преобразования фактических знаний в аналитические знания.

Для интеллектуальной системы «Судоводитель - ИСМ» формальные модели преобразования информации должны строиться с учетом элементов, определяемых парадигмой семиотики. Причем технология такого построения должна предполагать чередование шагов, как математического моделирования ситуаций, так и синтеза принятия решений, приводящих к перестройке используемых моделей на основе новых знаний о проблемной области и реальных ситуациях, возникающих в процессе функционирования объекта управления. Именно поэтому в первой главе автором диссертационной работы предложено расширить набор эргаграмматик, определяющих основные черты работы эргатического организма типа «Судоводитель - ИСМ», за счет добавления к ним еще одной, которая характеризовала бы качество использования оператором пространства знаний вида (1). Такая эргаграмматика может быть сформулирована следующим образом: «истинна лишь та система, в которой объединение естественного и искусственного интеллектов выполнено так, что обеспечен максимальный из всех возможных показатель степени использования пространства знаний».

С формальной точки зрения эта эргаграмматика может быть записана в виде:

$$In_0 \cap In_1 \neq \emptyset, \Phi(In_0 \cap In_1) \rightarrow \text{extremum}, \quad (2)$$

где In_0 , In_1 - естественный и искусственный интеллекты соответственно, $\Phi(In_0, In_1)$ - функционал, характеризующий степень

использования судоводителем пространства знаний эргатического организма

Далее в этой главе автор диссертационной работы исследует деятельность судоводителя в составе эргатического организма «Судоводитель - ИСМ». Эта деятельность с одной стороны должна подчиняться условию (2), а с другой стороны определяется с помощью рекуррентного преобразования вида $P_{n+1} = Lz_n P_n$, которое также можно представить в виде:

$$P_n = Lz_{n-1} \dots Lz_0 P_0. \quad (3)$$

С позиции теоретико-множественного подхода модель деятельности (3) определяет класс преобразований, который переводит метрическое, сепарабельное и связное пространство $P \in \Omega$ в само себя, т.е.

$$Lz \Omega \subset \Omega. \quad (4)$$

Такое преобразование, как правило, дает "хорошо" определенную точку (хорошо определенную процедуру), до тех пор пока $P \in \Omega, z \in$

Z и зависит от положения z в метрическом, сепарабельном пространстве Z .

Динамические свойства ситуации по управлению безопасной навигацией могут быть определены с помощью параметров из множества Z , которые имеют место при любой последовательности $z_1, z_2, \dots, z_n, \dots$ в операторе (3), где

$$Z = Z_1 \times Z_2 \times \dots \times Z_n \times \dots \quad (5)$$

Кроме того, в модели деятельности морского специалиста (3) — (5) была дополнительно привлечена гипотеза о том, что m - мера, определена лишь в пространстве Ω , а μ - мера - только в пространстве Z .

Исследование модели деятельности судоводителя в составе ИСМ вида (3) — (5), выполненное в данной главе, показало, что сформулированная таким образом задача, по своей сути является слабоструктурированной. Поэтому описание деятельности судоводителя в сети ИСМ можно реализовать с помощью двух практически не связанных, но достаточно перспективных методов.

Первый метод может базироваться на элементах теории нечетких множеств. Второй метод реализации можно представить как некую последовательность переходов от слабоструктурированной проблемы к ее четкому аналогу.

В конце первой главы дано обоснование выбранного метода исследования и показан путь структуризации деятельности судоводителя в составе интеллектуального эргатического организма (ИСМ), при которой этот судоводитель может успешно решать задачу по обеспечению безопасности навигации. В свою очередь четкая структуризация деятельности элементов в интеллектуальном эргатическом организме позволяет выполнить схематизацию деятельности, привлекая для описания этой деятельности четкие математические термины.

Во второй главе исследуются вопросы, связанные с удержанием судна в заданной полосе положения с одновременным выполнением условий, связанных с «минимизацией сознания» судоводителя при решении задачи по обеспечению безопасности навигации. Такую задачу в диссертационной работе предложено решать в два последовательных этапа.

На первом этапе должно быть проведено усечение случайного процесса, определяющего рост неопределенности в текущем месте судна по времени. На втором этапе, используя полученный временной интервал в качестве параметра в краевой задаче Стефана, рекомендуется осуществлять расчет величины полосы положения, в которой судно может быть удержано с учетом «экономии сознания» судоводителя.

Для выполнения операции по усечению процесса, отражающего рост неопределенности в текущем обсервационном месте судна и выделения интервала времени, в течение которого оно будет находиться в заданном сфероиде навигационной безопасности S_q^{δ} , необходимо ввести два допущения:

- сфероид навигационной безопасности S_q^{δ} обладает границей с поглощающей способностью, которая описывается некоторой функцией поглощения вида $V(y,t)$;

- нарушения условия безопасности навигации могут иметь только односторонний характер, при котором состояние безопасной навигации меняется в худшую сторону.

Пусть при выполнении этих допущений целесообразно принять, что процесс роста неопределенности в текущем обсервационном месте судна описывается стохастическим дифференциальным уравнением вида:

$$dY/dt = aY + Z, a > 0,$$

где $Z(t)$ — белый гауссов шум интенсивности G с нулевым математическим ожиданием.

Из данного уравнения можно найти интервал времени t в течение, которого судно будет осуществлять безопасное плавание, находясь в принятом сфероиде навигационной безопасности S_q^{δ} . Временной интервал безопасной навигации по заданному курсу рассчитывается из следующего уравнения:

$$P_1(t) = \exp \left[-2 \int_0^t \Phi(B/\theta_0) d\tau \right], \quad (6)$$

где B - радиус сфероида (ширина полосы положения - $[b^+, b^-]$), а величина θ_0 определяет текущую обсервационную точность текущего места судна.

Операция по оптимизации процесса удержания судна в полосе положения при «экономии сознания» судоводителя в классе линейных и усеченных по длительности процессов реализовывалась в диссертационной работе с помощью функции Беллмана.

Далее будем считать, что возмущающее движение судна (рост неопределенности в текущем обсервационном месте судна) в полосе положения, заданной с учетом минимизации навигационных рисков, описывается стохастическим уравнением вида:

$$dx(t) = \beta u(t)dt + \gamma d\omega(t), x(0) = x_0; \beta, \gamma > 0,$$

Тогда решение задачи Стефана, можно реализовать, если задать функционал качества удержания в заданной полосе положения следующим образом:

$$V(x) = \sup_{(\tau, u)} M_x^u \{c\tau - Rx^2(\tau) - B \int_0^\tau u^2(t)dt\}; R, B, c > 0. \quad (7)$$

Первое слагаемое в (6) является величиной бокового отклонения судна от заданной траектории, второе - определяет точность определения бокового отклонения судна от заданной траектории плавания, а третье - «энергетические затраты» судоводителя, направленные на удержание судна в полосе положения и обеспечение заданного уровня безопасности навигации.

Минуя этап непосредственного расчета функционала качества (6), в главе составлено приближенное уравнение, которое позволяет достаточно просто выбрать оптимальные границы полосы положения с учетом «экономии сознания» судоводителя. Это уравнение при выполнении условия $c < Ry^2$ имеет нетривиальное решение вида:

$$B_0^\pm = \pm [3B (Ry^2 - c)]^{1/2}. \quad (8)$$

Таким образом, возможность «усечения» процесса стабилизации судна по неопределенности в текущем месте судна позволяют решать задачу в части обеспечения безопасности навигации с одновременной «экономией сознания» судоводителя. Полученные соотношения (6) - (8), определяя закон удержания судна в полосе положения, время достижения судном оптимальной границы полосы положения и свойство стабильности удержания судна в полосе положения, позволяют с принципиально новых позиций решать задачу по безопасному плаванию по заданном маршруту при обзорационном числении пути судна. Так, если выполняется условие $B_0^\pm \approx (b^+, b^-)$, то появляется возможность в рамках принципа «экономии сознания» судоводителя перепоручить контрольную операцию по установлению факта выхода судна на границу сфероида навигационной безопасности программно) обеспечению СНА, как одной из составляющих ИСМ

Однако такой контроль с помощью программного обеспечения СНА не возможен без наличия у судоводителя приемов рационального восприятия навигационной информации. Так, если

процедура контроля безопасности навигации, выполняется программным обеспечением СНА, то этой процедуре должны сопутствовать, во-первых, процедура наблюдения за состоянием целостности системы спутниковой навигации и, во-вторых, процедура сбора необходимой информации, которая должна быть положена в основу корректирующих действий, направленных на поддержание заданного уровня безопасности навигации. Поэтому в главе далее было признано целесообразным разработать общую модель восприятия навигационной информации судоводителем, при этом ориентируясь на систему отображения, принятую в ИСМ.

Далее, в главе дано описание идеальной математической модели восприятия навигационной информации, которая с практической точки зрения может быть представлена как некоторая последовательность деятельности человека. Эта деятельность должна обязательно включать в себя описание процесса передачи информации от ТСС к судоводителю. Причем к описанию процесса передачи информации должны быть привлечены, во-первых, модель деятельности морского специалиста, предложенная Международной морской организацией (ИМО) в Резолюции А.884(21) и известная как модель SHEL, а во-вторых, - ныне используемый кибернетический подход к восприятию информации человеком вообще.

При разработке такой идеальной модели восприятия был составлен механизм оценки достоверности судовой информации, полученной судоводителем от технических средств, причем необходимость Б такой оценке вытекает из требования, касающегося ограничения количества итераций при восприятии информационного потока и формирования в кратчайший срок образа (фрейма с его заполненными слотами) безопасной навигации. Причем механизм оценки достоверности судовой информации должен основываться на предположении о том, что восприятие является динамическим процессом, который в значительной степени может поддаваться контролю со стороны самого судоводителя.

Кроме того, в последнем разделе этой главы определены оптимальные, применительно к составленной модели восприятия,

параметры информационного потока, которые, с одной стороны, способны свести к минимуму количество итеративных действий судоводителя, а с другой стороны, учитывают особенности его деятельности, такие, например, как дефицит времени и наличие существенных навигационных рисков.

Основным недостатком составленной в этой главе модели восприятия оператором ИСМ судовой информации является то, что эта модель предусматривает абсолютную готовность судового специалиста к выполнению своих производственных обязанностей. Однако известно, что среди основных причин, которые влияют и способствуют аварийности на морских судах, особое место занимает "человеческий фактор". Именно «человеческий фактор», являясь результатом ошибок, низкого профессионального уровня и небрежности людей, отвечающих за управление производственным процессом, приводит в большинстве регистрируемых случаев к аварийным и несчастным случаям. Поэтому разработанная в этой главе модель восприятия судовой информации оператором ИСМ должна быть откорректирована путем дополнительного учета свойств, присущих «человеческому фактору».

В третьей главе диссертационной работы показано, что современную организацию управления производственным процессом в рамках безопасной эксплуатации судна можно достаточно уверенно относить к классу социально - технических систем, поскольку в такой организации подлежат управлению, как технологическая сущность, так и кадровое обеспечение. В свою очередь, для системы с социально-технической ориентацией процесс управления персоналом (кадровым обеспечением) реализуется лишь при наличии в ней как минимум двух взаимосвязанных и взаимозависимых элементов - управляющего (субъект управления) и управляемого (объект управления).

В рамках социально-технической системы процесс управления следует считать состоявшимся только в том случае, когда переданная команда со стороны управляющего субъекта доведена им до ТСС в виде силового воздействия и воспринята управляемым

объектом. Именно при таком подходе к деятельности оператора ИСМ процесс исследования его пространства действий с последующей оценкой качества использования пространства знаний ТСС следует рассматривать как вторую часть общей задачи по структурированию деятельности судового специалиста в цепи интеллектуального эргатического организма «Судоводитель - ИСМ».

Для определения характера производственной деятельности оператора интеллектуального эргатического организма «Судоводитель - ИСМ» и оценки качества функционирования обратной связи «техническое средство — оператор» в работе использовалась математическая модель судоводителя, представленная в виде нелинейного звена с фиксированным сенсорным входом и фиксированным моторным выходом. С формальной точки зрения такая модель может быть представлена так

$$dY/dt = F(Y, \alpha, t), \quad (9)$$

где F — непрерывный по t вектор нелинейной функции, которая в свою очередь дифференцируема как по параметрам действия Y , так и по величине α в некоторой области S , заданной следующим образом

$$|Y, \alpha| \leq R \quad R = \text{const} > 0. \quad (10)$$

В модели (9), (10) действия субъекта, управляющего техническим средством с элементами интеллектуального продукта, описывается p -мерным вектор - столбцом $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$, а скалярный параметр α характеризует степень восприятия этим субъектом судовой информации, поступающей к нему из пространства знаний вида (1) эргатического организма «Судоводитель - ИСМ». Если далее принять во внимание то, что субъект и объект в этом организме объединены обратной связью, то оценить пространство действий судоводителя можно, допуская однозначное взаимодействие между вектором $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ и параметром восприятия им судовой информации α .

В результате выполненного анализа модели (8), (9), было установлено, что «взаимоотношения» между «управляющим субъектом» и «техническим объектом» с внедренным в него интеллектуальным продуктом можно характеризовать

коэффициентом организованности эргатического организма k_{op} . Так, в случае, когда «взаимоотношения» между «управляющим субъектом» и «техническим объектом» с внедренным в него интеллектуальным продуктом являются эффективными, коэффициент организованности стремится к единице, т. е. $k_{op} \rightarrow 1$.

Если $k_{op} \gg 1$, то в интеллектуальном эргатическом организме складывается достаточно тревожное состояние, которое неизбежно ведет к исчезновению основного контура управления. Прежде всего такую ситуацию следует связывать с неудовлетворительной подготовкой судоводителя. В тоже время при $k_{op} \ll 1$ организованность в интеллектуальном эргатическом организме также нельзя считать удовлетворительной. При таком поведении судового специалиста его моторные реакции не отвечают соответствующим сенсорным реакциям, что приводит к хаотизации в деятельности всего эргатического организма.

Для повышения уровня организованности в сетях эргатических систем судоходная компания должна активно привлекать концепцию «социального человека». Эта концепция через элементы культуры побуждения способна изменять характер деятельности судового специалиста и способствовать росту организованности в рамках стремления $k_{op} \rightarrow 1$.

При расследовании роли «человеческого фактора» в аварийных случаях и инцидентах Международная Морская Организация предлагает использовать ряд базовых моделей деятельности судовых специалистов, причем одной из них является нечеткая модель Риазона. Поэтому, ориентируясь на рекомендации Резолюции ИМО А.884(21), в данной главе была осуществлена структуризация этой модели и определены условия, при которых она может давать четкую классификацию возможных ошибок судоводителя. С практической точки зрения, такая уточненная модель уже способна не только обеспечивать дополнительную структуризацию множества действий специалиста, но и учитывать на этом множестве вероятные риски, которые обусловлены наиболее часто встречающимися ошибочными действиями судоводителя.

При анализе разрешающей способности разбиения в четкой модели Риазона установлено, что погрешность классификации множества ошибочных действий судового специалиста зависит от величины различающего интервала и при заданной величине погрешности позволяет рассчитать пороговое значение, которое и должно быть принято за основу при составлении этого разбиения. В свою очередь выделенные классы ошибочных действий, с метрикой, превышающей или равной различающему интервалу, гарантируют погрешность классификации, которая не превышает по величине ранее заданную числовую величину.

Структуризация производственной деятельности и возможность корректуры полученной структуры с помощью уточненной модели Риазона позволили осуществить поиск оптимальной программы деятельности судоводителя. При поиске программы деятельности судоводителя в главе использовалась процедура ветвления, реализуемая на модели:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_k) \rightarrow \max, \quad (11)$$

$$\left. \begin{array}{l} g_1(x_1, x_2, \dots, x_k) < a \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_k) \geq b; \\ \dots \dots \dots \end{array} \right\} \quad (12)$$

$$x_Z = (x_1, x_2, \dots, x_k) \in X, \quad (13)$$

где (x_1, x_2, \dots, x_k) - искомая последовательность силовых воздействий судоводителя на органы управления технического средства, а величины a, b - граничные значения, накладываемые на последовательность действий оператора в сети эргатического организма и определяемые особенностями его пространства знаний вида(1).

Процедура ветвления (11) - (13) может вестись до тех пор, пока не удастся выделить такие последовательности действий, которые способны породить эффективное использование пространства знаний типа (1). Для подтверждения эффективности выбранной оптимальной программы деятельности судоводителя в процедуре

ветвления рекомендуется использовать соотношение, записанное в следующем виде:

$$\Delta = \xi(X) - f(x_2), \quad (14)$$

где $\xi(X)$ и $f(x_2)$ - текущий и заданный функционал качества соответственно.

В том случае, когда эффективность оптимальной программы деятельности судоводителя реально достигнута, метрика, определенная соотношением (14) вырождается в нуль.

В четвертой главе показано, что перевод управления процессами в судовождении на более сложные и тонкие интеллектуальные уровни должен соответствовать принципу «симбиоза человека и машины». Причем формула «симбиоза» как равноправного партнерства между человеком и машиной должна играть главную роль в практическом становлении концепции "человеческого фактора". Для реализации формулы «симбиоза» в главе был составлен суграф графа топологии, который описывает практически все потенциально важные взаимосвязи между элементами в эргатической и интеллектуальной системе «Судоводитель - СНА».

В рамках теоретико-множественного подхода и полном соответствии с суграфом состояний составлена математическая модель организационного проекта интеллектуальной системы «Судоводитель - СНА», которая с формальной точки зрения может быть записана следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} P : X \times I \rightarrow U; \\ SR : X \times I \times U \rightarrow I_{max}; \\ LO : I \rightarrow I_{max}, \end{array} \right.$$

где: OP - организационный проект, включающий в себя структуру форматов X, их информационное наполнение I и управления U; SR — глобальная цель управления, связанная с получением необходимого и достаточного количества навигационной информации I_{max} , поступающей от системы индикации СНА; LO - информационные ограничения, присущие системе отображения и программному обеспечению СНА.

Если далее конкретизировать глобальную цель, переведя ее в плоскость минимизации навигационных рисков, и записать ее в виде:

$$SR(U, I) = R(I, Z(I, U)), \quad (15)$$

то решение задачи по управлению информационным потоком от СНА к судоводителю с помощью организационного проекта сведется к выбору управлений $\tilde{U} \in U$. В то же время такое управление должно дополнительно отвечать условию'

$$SR(\tilde{U}, I) \leq LO(I_{max}). \quad (16)$$

При составлении организационного проекта деятельности оператора в интеллектуальной системе «Судоводитель - СНА» должна учитываться разнотипность элементов, образующих эту систему. Такой учет необходимо осуществлять за счет введения системообразующего фактора, который, обеспечивая процедуру синтеза интеллектуальной системы, сводил бы к минимуму слабоструктурированность поставленной задачи. Именно поэтому проведенные в предыдущих трех главах настоящей диссертационной работы исследования позволили снять проблему слабой внутренней структурированности интеллектуальной эргатической системы и адекватно схематизировать деятельность оператора в ней.

В интеллектуальной системе «Судоводитель - СНА» с ограниченным пространством знаний вида $\langle P, F, S \rangle$ организационный проект деятельности оператора может быть сведен к счетному количеству целенаправленных силовых действий последнего, которые в свою очередь позволяют сформировать информационно допустимое пространство знаний, состоящее из K последовательных форматов. Причем, минимизацию времени формирования базы данных и избыточности в силовых операциях судоводителя при формировании им пространства знаний, следует рассматривать как продукт его профессиональной готовности к работе с программным продуктом аппаратуры.

При выполнении условий (15) и (16), а также тех дополнительных, которые способны привести к минимизации время формирования базы данных и исключению избыточности силовых операций, модель эффективных управлений СНА, отвечающая

эргаграмматике (2) может быть получена как результат ветвления ситуации (11) - (13) и представлена в виде следующей последовательности:

$$x_z = \{x_1^\alpha, x_2^\beta, \dots, x_k^\gamma\}, \quad x_z \in X_z(F_n) \quad (17)$$

В тех случаях, когда возникает необходимость в составлении программы деятельности судоводителя по отслеживанию только части компонент навигационного процесса, основная силовая последовательность (17) допускает усечение. Усеченную эффективную программу деятельности оператора СНА можно записать в виде:

$$x_{zn} = \{x_1^\alpha, x_2^\beta, \dots, x_s^\omega\}, \quad s < k; \quad x_{zn} \in X_{zn}(F_t), \quad t < n. \quad (18)$$

При составлении организационного проекта «Судоводитель - СНА» с привлечением полученных последовательностей вида (17) или (18) исключаются все случаи формирования базы данных $\langle P, F, S \rangle$ с помощью метода «проб и ошибок». Кроме того, эти последовательности позволяют учитывать способность судоводителя к безошибочному восприятию информации, которая в рамках гипотезы В. Хика зависит от средней скорости поступления этой информации к наблюдателю.

Иными словами, организационный проект деятельности судоводителя в интеллектуальной эргатической системе «Судоводитель - СНА» позволяет выполнить синтез такого процесса восстановления параметров безопасности навигации, который при минимуме ошибок восприятия информации и ошибок управления системой отображения СНА способен обеспечить судоводителя всей необходимой и достаточной ему в данный момент времени информацией. Кроме того, модель деятельности оператора в интеллектуальной эргатической системе «Судоводитель - СНА» типа (17), (18) дополнительно позволяет:

- формировать более сложные социотехнические системы, такие, например, как систему «Вахта»;

- получать как индивидуальные характеристики оператора технических средств, так и оценки его способностей к реализации функций управления.

Решение таких дополнительных задач в рамках сложной системы «Вахта» может быть осуществлено в функции от заданных параметров природно-окружающей компоненты, фиксированного значения трудозатрат, определяемого организационно-технологической компонентой, и при условии минимума навигационных рисков, т. е. в рамках модели SHEL.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных исследований, направленных на повышение эффективности использования программно-обеспечения ТСС, получены следующие результаты:

- исследована правомочность применения к описанию процесса деятельности судоводителя, выполняемой им в рамках интегрированной системы ходового мостика, математических теорий эргатических и интеллектуальных систем;

- составлена динамическая модель текущей деятельности судоводителя в некоторой произвольной производственной ситуации и показано, что такая модель в силу своей нечеткости не позволяет без дополнительной структуризации элементов системы "Судоводитель - ИСМ" выполнить описание производственной деятельности судоводителя в рамках четких структур,

- исследована возможность удержания судна в заданной полосе положения, которая позволяет с одной стороны минимизировать навигационные риски, а с другой - «экономить сознание» судоводителя за счет перепоручения процедуры контроля состояния безопасности навигации программному обеспечению СНА, как элементу ИСМ;

- составлена частично структурированная модель деятельности идеально подготовленного судоводителя в составе ИСМ и показано, что существует зависимость между структуризацией этой модели и уровнем подготовки последнего, которую необходимо учитывать при организации модели деятельности судоводителя;

введены корректирующие уточнения в предложенную Международной Морской Организацией (ИМО) модель Риазона, которая рекомендуется этой организацией для классификации ошибок морских специалистов, и дать практические рекомендации по использованию этого уточненного аналога модели на третьем этапе структурирования модели деятельности судоводителя;

- составлено оптимальное, в смысле минимума организационного риска для модели SHEL, и четко структурированное математическое описание деятельности судоводителя, которое способно обеспечить рациональную интеграционную функцию в эргатическом интеллектуальном организме между оператором и техническим средством, обладающим тезаурусом;

- разработан организационный проект (объединение процедур) по использованию СНА для контроля состояния целостности системы спутниковой навигации и набору необходимой навигационной информации, которая способна однозначно определить корректирующие действия по поддержанию заданного уровня безопасности навигации.

- составленный организационный проект обеспечивает эффективную (по признаку полноты использования тезауруса ТСС) внутрисистемную интеграцию судоводителя и программного обеспечения СНА.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации:

1. Руководство по использованию спутниковой навигационной аппаратуры 126/128 фирмы GARMIN: Метод, указания для спец. 240200 «Судовождение» и курсов повышения квалификации плавсостава / В. Е.Ольховский, В. И. Меньшиков, М. А. Пасечников, В. А. Чкония. - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2002.-44 с.

2. Чкония, В.А. Классификация факторов, сопутствующих ошибкам в деятельности морским специалистам / В.А.Чкония, В.И.Меньшиков // Вестник МГТУ: Труды Мурман. гос. техн. ун-та.- 2003.-Т. 6, № 1.-С. 75-80.

3. Чкония, В.А. Минимизация навигационных рисков в эргодической системе «интегрированная система мостика — судоводитель» / В.А.Чкония // Вестник МГТУ: Труды Мурман. гос. техн. ун-та. - 2002. - Т.5, № 2. - С. 183-186.

4. Чкония, В.А. Модель восприятия судоводителем навигационной информации / В.А.Чкония; МГТУ. - Мурманск, 2001. - Деп. во ВНИЭРХ, № 1366-рх 2001. - 39 с.

5. Чкония, В.А. Общие принципы построения модели восприятия судоводителем навигационной информации / В.А.Чкония // Тезисы докладов научно-технической конференции «Молодые ученые и аспиранты МГТУ». - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2001. - С. 386-388.

6. Чкония, В.А. Особенности классификации факторов, сопутствующих ошибкам в деятельности судовых специалистов / В.А.Чкония // Материалы всероссийской научно-технической конференции «Наука и Образование»: Тезисы докл. - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2002. - С. 667 - 669.

7. Чкония, В.А. Оценка достоверности представления базы данных судовому специалисту в интегрированной системе ходового мостика / В.А.Чкония, В.И.Меньшиков // Вестник МГТУ: Труды Мурманского Государственного Технического университета. - 2003. - Т.6, № 1. - С. 81-86.

№ 2 0 2 3 3

РНБ Русский фонд

2005-4

20639