

УДК 656.61.052.1 : [528.9 : 004]

## **Эффективность интерактивного управления элементами мультимедийного пространства ходового мостика судна при обеспечении безопасности мореплавания**

**М.М. Еремин<sup>1</sup>, В.И. Меньшиков<sup>1</sup>, Н.М. Путинцев<sup>2</sup>, Н.Н. Морозов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра судовождения

<sup>2</sup> Технологический факультет МГТУ, кафедра химии

<sup>3</sup> Естественно-технический факультет МГТУ, кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела

**Аннотация.** Рассмотрены особенности интерактивного управления мультимедийным пространством интеллектуальных терминалов ходового мостика судна и показана возможность оценки эффективности этого управления для электронной картографической навигационно-информационной системы (ЭКНИС).

**Abstract.** The paper considers the peculiarities of interactive management of multimedia area of vessel conning bridge smart terminals. The authors have shown the possibility of estimation of efficiency of this management for electronic chart display and information system (ECDIS).

### **1. Введение**

Принятие Международной Морской Организацией (ИМО) девятой главы Международной Конвенции "Солас-74" и концепции формальной оценки безопасности (ФОБ) явилось логичными и своевременными шагами по созданию эффективных структур управления безопасной эксплуатацией судов. Дальнейшее повышение эффективности таких структур становится возможным за счет перехода от управления состоянием безопасности судна с использованием планов судовых ключевых операций к технологиям управления этими операциями.

Информация, поступающая на мостик судна от интегрированных информационных систем при выполнении судовых ключевых операций, связанных с обеспечением безопасности мореплавания, содержит сведения, имеющие отношение к навигации и предотвращению столкновения, к связи, механизмам, менеджменту, к безопасности производственных процессов и охране судна. В настоящее время на мостик судна могут одновременно поступать до сотни сигналов аварийно-предупредительной сигнализации. Поэтому проблема информационной перегрузки судоводителя при несении им ходовой вахты становится реальной опасностью.

Внедрение технологий управления судовыми ключевыми операциями создает потенциал для повышения эффективности несения ходовой вахты в части обеспечения безопасности эксплуатации судна, особенно в условиях информационной перегрузки судоводителя. Поэтому при разработке технологий управления состоянием судна необходимо в первую очередь нивелировать проблему перегрузки, для чего следует решить серию оптимизационных задач применительно к интерфейсу "интеллектуальное техническое средство – человеческий элемент" (Еремин и др., 2008).

### **2. Особенности управления мультимедийным пространством интеллектуального терминала**

Современные интеллектуальные терминалы, например, интегральные системы мостика судна, способны обрабатывать и представлять судоводителю обобщенную навигационную информацию. Кроме того, эти же терминалы могут быть использованы судоводителем в качестве экспертных систем. В общем случае, любую современную интегральную систему мостика следует рассматривать как интегральную и диалоговую с организованной информационной поддержкой. В таких системах диалог "человеческого элемента" с программным обеспечением обычно строится на принципах интерактивного управления элементами мультимедийного пространства интеллектуального терминала. При этом целью управления, как правило, является обеспечение судоводителя только той производственной и навигационной информацией, которая необходима ему в данный момент для обеспечения безопасной реализации оптимального производственного процесса.

При разработке элементов интерактивного управления элементами мультимедийного пространства ходового мостика судна целесообразно считать, что система представления данных

интеллектуальных терминалов способна с помощью конечного множества дискретных элементов  $l_z$  представлять судоводителю все дискретные и различимые состояния судовой ключевой операции как при контроле, так и при управлении этим состоянием. Тогда в силу конечной чувствительности моторных выходов судоводителя в пространстве его действий (управляющих реакций) существует множество  $l_y$ , которое также необходимо принять дискретным. Очевидно, что для структуры контроля и управления должно существовать определенное отношение между элементами множеств  $l_z$  и  $l_y$ .

Действительно, если, например,  $l_z > l_y$  по мощности, то существуют такие различимые состояния в мультимедийном пространстве, которые не требуют управляющего воздействия. Тогда эта информация является бесполезно избыточной по отношению к задачам, возложенным на судоводителя, и лишь затрудняет его деятельность. В другом случае, когда  $l_z < l_y$ , существуют "различимые" управляющие воздействия, которые, однако, никогда не используются, так как не существуют отвечающие им входные данные. В этом случае располагаемые ресурсы управления избыточны и будут не в полной мере использоваться при контроле и управлении состоянием судовых ключевых операций. Если же мультимедийное множество  $l_z$  по мощности равно множеству действий  $l_y$ , то очевидны те фундаментальные принципы, на которых должен базироваться подход к интерактивному управлению данными мультимедийного пространства интеллектуального терминала:

- информационный обмен между объектом контроля (ключевой судовой операцией) и управляющим элементом (судоводителем) является объективной реальностью, не зависящей от наличия или отсутствия судоводителя в структуре;
- количество информации, перерабатываемой в контуре управления, определяется функциями структуры и динамическими свойствами объектов, входящих в эту структуру, заданными критериями качества, обеспечивающими безопасность, а также характеристиками внешней среды;
- в структуре управления все субъективно-личностные характеристики судоводителя в интегральном виде проявляются в его способности или неспособности к обработке потоков информации, поступающих к нему из мультимедийного пространства интеллектуальных терминалов.

Для проверки возможности реализации метода интерактивного управления данными мультимедийного пространства интеллектуального терминала был проведен натурный эксперимент. Он включал экспертный опрос судоводителей, которые эксплуатируют один из интеллектуальных терминалов мостика – электронную картографическую навигационно-информационную систему (ЭКНИС). В результате обработки данных, полученных путём экспертного опроса, было установлено, что общность фундаментальных принципов интерактивного управления данными мультимедийного пространства ЭКНИС должна быть расширена дополнительным включением. Элементами включения должны являться, во-первых, требования по управлению картографической нагрузкой электронной карты в зависимости от района плавания с привлечением дополнительной информацией из программного продукта ЭКНИС и датчиков, не сопряженных с ЭКНИС. Во-вторых, требования корректуры исполнительной прокладки с привлечением задач из программного обеспечения ЭКНИС и информации от датчиков, не сопряженных с ЭКНИС при управлении состоянием навигации.

### 3. Эффективность интерактивного управления мультимедийным пространством ЭКНИС

Информация, полученная от ЭКНИС, порождает у судоводителя некоторое ограниченное и замкнутое множество вариантов выхода из опасной навигационной ситуации, которое с помощью функции выбора, учитывающей ограничения, накладываемые механизмом предвидения, преобразуется в какое-либо действие, причем отсутствие команды на управление состоянием безопасности навигации в данном случае так же считается действием.

В том случае, если дополнительные требования учитываются при разработке приемов интерактивного управления данными мультимедийного пространства ЭКНИС, а время обновления данных в мультимедийном пространстве ЭКНИС соответствует требованиям ИМО (две секунды) и много меньше, чем интервал обращения к этому пространству, то количество информации, получаемое судоводителем при любом  $v$ -м обращении, можно оценить так:

$$I_v(Y, Z) = - \sum_{i=1}^N p_v(y_i) \log_2 p_v(y_i) + \sum_{\mu=1}^N \sum_{j=1}^N p(z_\mu) p_v(y_j | z_\mu) \log_2 p_v(y_j | z_\mu), \quad (1)$$

где  $p_v(y_i)$  – безусловная вероятность реализации действия  $y_j$  из пространства действий  $L_y$ ;  $p(z_\mu)$  – безусловная вероятность реализации восприятия судоводителем мультимедийного элемента  $z_\mu$  из пространства  $L_z$ ;  $p_v(y_j | z_\mu)$  – условная вероятность реализации действия  $y_j$  при восприятии элемента  $z_\mu$ .

Суммирование проводится по всему числу  $N$  возможных восприятий судоводителем мультимедийных данных ЭКНИС (пространству  $L_z$ ), соответственно преобразованных в такое же число действий, причем отсутствие команды на управление состоянием безопасности навигации в данном случае так же должно считаться действием.

Из выражения (1) следует, что при безошибочном восприятии судоводителем данных мультимедийного пространства ЭКНИС количество обрабатываемой им информации численно совпадает с энтропией различных состояний этого пространства

$$I_v(Y, Z) = - \sum_{i=1}^N p_v(z_i, v) \log_2 p_v(z_i, v). \quad (2)$$

Введенные количественные меры (1) и (2) позволяют оценить информационную загруженность судоводителя на конечных отрезках времени с учетом интерактивного управления данными мультимедийного пространства ЭКНИС. Действительно, пусть  $\Phi(T)$  – множество обращений судоводителя к мультимедийному пространству ЭКНИС, выполненных на интервале  $0 \leq t \leq T$ , а  $\varphi(T) \in \Phi(T)$  – подмножество безошибочно воспринятых обращений, которые фактически преобразованы им в управления состоянием судовой ключевой операции. Тогда количество информации, переработанной судоводителем на интервале  $0 \leq t \leq T$ , можно представить так

$$I_{on}(T) = \sum_{v \in \varphi(T)} I_v(Y, Z) = - \sum_{v \in \varphi(T)} \sum_{i=1}^N p(z_i) \log_2 p(z_i).$$

В то же время количество информации, потерянной судоводителем на этом же отрезке времени из-за допущенных им ошибок, будет равно

$$I_{out}(T) = - \sum_{v \in \varphi_{out}(T)} \sum_{i=1}^N p(z_i) \log_2 p(z_i),$$

где  $\varphi_{out}(T) = [\Phi(T) - \varphi(T)]$  – подмножество ошибочных обращений к мультимедийному пространству ЭКНИС, сделанных судоводителем на интервале  $0 \leq t \leq T$ .

Сравнение количества информации, фактически переработанного, с тем, которое должно быть переработанным, позволяет судить об эффективности интерактивного способа управления данными мультимедийного пространства ЭКНИС, минимизирующего информационную загруженность судоводителя.

#### 4. Заключение

На ходовой мостик современного судна могут одновременно поступать до сотни сигналов аварийно-предупредительной сигнализации, что создает проблему информационной избыточности, приводящей к информационной перегрузке судоводителя при несении вахты.

Если множество  $I_z$ , определенное в мультимедийном пространстве интеллектуального терминала, равно по мощности множеству действий  $I_v$ , то возможность интерактивного управления этим пространством зависит от способности или неспособности судоводителя обрабатывать потоки информации.

Повышение эффективности интерактивного способа управления элементами мультимедийного пространства ЭКНИС способно хотя бы частично снять проблему информационной избыточности на ходовом мостике судна и, тем самым, минимизировать информационную загруженность судоводителя.

Авторы благодарят Мартыненко О.В. за всестороннее обсуждение проблемы информационной избыточности на ходовом мостике судна и ценные замечания по работе.

#### Литература

Еремин М.М., Меньшиков В.И., Серов А.В., Ковальчук В.В. Шкалирование пространства функциональных обязанностей в системе "Судоводитель – ЭКНИС". *Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета*, т.11, № 3, с.438-441, 2008.