

# ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ АСУ

УДК 004.5

В.Н. Наумов, А.А. Татаринов, О.М. Туровский, О.Е. Чудаков

## МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЕ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ КОРАБЛЕЙ К ГРУППОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Наумов Владимир Николаевич**, доктор военных наук, профессор, окончил Высшее военно-морское училище радиоэлектроники им. А.С. Попова. Профессор Военно-морского института радиоэлектроники им. А.С. Попова. Имеет монографии, статьи, учебники и учебные пособия в области автоматизации систем управления ВМФ. [E-mail: [naumov122@list.ru](mailto:naumov122@list.ru)].

**Татаринов Александр Аркадьевич**, окончил Черноморское военно-морское училище им. П.С. Нахимова, Военно-морскую академию им. А.А. Гречко, Военную академию Генерального штаба ВС РФ. Заместитель Главкомандующего ВМФ. Имеет статьи, учебники в области управления силами флота, организации подготовки кадров ВМФ. [E-mail: [passaf@spb-cps.spb.ru](mailto:passaf@spb-cps.spb.ru)].

**Туровский Олег Маркович**, доктор технических наук, профессор, окончил Казанский государственный университет, Казанский авиационный институт. Профессор Военно-морского института радиоэлектроники им. А.С. Попова. Имеет монографии, статьи, учебные пособия в области автоматизации подготовки кадров ВМФ. [E-mail: [passaf@spb-cps.spb.ru](mailto:passaf@spb-cps.spb.ru)].

**Чудаков Олег Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, окончил Высшее военно-морское училище радиоэлектроники им. А.С. Попова. Профессор Военно-морского института радиоэлектроники им. А.С. Попова. Имеет монографии, статьи, учебники и учебные пособия в области автоматизации систем управления ВМФ. [E-mail: [passaf@spb-cps.spb.ru](mailto:passaf@spb-cps.spb.ru)].

### Аннотация

В статье рассмотрена модель определения обобщенных требований к компьютерной системе обучения для групповой подготовки экипажей кораблей. Модель основана на сетевом представлении требований к системе с учетом ролей различных категорий лиц корабельных боевых расчетов и их взаимного влияния. Такой подход позволяет объединить аналитический и эвристический подходы при исследовании сложных организационно-технических систем, выявить приоритеты различных подсистем системы обучения, направления ее совершенствования.

Ключевые слова: подготовка кадров для ВМФ, компьютерная система обучения, модель обобщенных требований.

### Abstract

The article deals with a model for definition of generalized requirements for computer-aided training system for group training of ship crews. The model is based on network vision of requirements for system taking into account roles of different categories of ship's crew persons and their mutual influence. This

approach contributes to integration of analytical and heuristic approaches during researches in the field of complex organizational and technical systems, to detection of priorities of different training subsystems, trends in its improvement.

Key words:

training of the Navy personnel, computer-aided training system, model of generalized requirements.

**ВВЕДЕНИЕ**

Главной целью системы подготовки кадров для ВМФ в современных условиях остается обеспечение устойчивого комплектования кораблей и частей квалифицированными специалистами, постоянное повышение уровня их профессионализма и общей культуры, формирование у них высоких морально-нравственных качеств гражданина и защитника Отечества.

В настоящее время система подготовки кадров ВМФ представляет собой многоуровневую систему непрерывного образования и профессиональной подготовки всех категорий специалистов ВМФ. Она включает две основные подсистемы: подсистему военно-морских учебных заведений (ВМУЗ) и подсистему боевой и оперативной подготовки ВМФ. К настоящему времени накоплен опыт автоматизированной подготовки различных категорий личного состав экипажей кораблей в системе подготовки кадров ВМФ. Однако данная подготовка в основном ориентирована на индивидуальную подготовку. Подготовка экипажей кораблей к групповой деятельности становится скорее исключением, чем правилом.

В современных условиях значение проблем обеспечения необходимого качества подготовки специалистов ВМФ возрастает также в связи с быстрой сменой технических средств и способов их деятельности, острым дефицитом материальных средств обеспечения боевой подготовки кораблей.

С другой стороны, современные компьютерные системы обучения представляют собой сложные программные комплексы, успешность проектирования которых по результатам анализа более 1000 программных проектов, в первую очередь, зависит от качества разработки

функциональных требований, законченности и однозначности их формулировок [1].

Указанные причины обуславливают необходимость разработки научно-методического аппарата формирования требований к компьютерным системам обучения для подготовки экипажей кораблей. В настоящей статье предложена модель формирования таких требований для создания компьютерных систем обучения и тренажерной подготовки (КСОТ).

**1 Основное содержание модели**

В работе [2] приведена модель формирования требований к подготовке специалистов различных категорий, в основу которой положен метод Т. Саати. Полученные результаты позволяют иметь объективные оценки для формирования различных категорий требований. На основе данной модели были сформулированы требования к подготовке следующих категорий личного состава: командир корабля, командиры боевых частей (БЧ), командиры групп и дивизионов, старшины команд и техники, матросы и старшины. Выделение таких категорий было обусловлено общей структурой системы подготовки кадров ВМФ и категориями обучаемых в различных образовательных учреждениях. Такое разделение на категории определено организацией корабля, принятой в Военно-морском флоте. Считается, что подготовка офицеров на первичные должности (командира группы или командира дивизиона) производится в высших учебных заведениях основного образования (военно-морских институтах). Для назначения на более высокостоящие должности необходимо иметь дополнительное образование (курсы, офицерские классы, академия).

Вместе с тем необходимо отметить, что отличительной особенностью деятельности операторов корабельных образцов вооружения и военной техники является то, что основным её видом является групповая деятельность. Именно этот существенный фактор не учтен в представленной модели.

Групповая деятельность осуществляется в составе корабельных боевых расчетов, например, расчета главного командного пункта, расчета боевого информационного центра, расчета противовоздушной обороны, противолодочного расчета и др. В таких

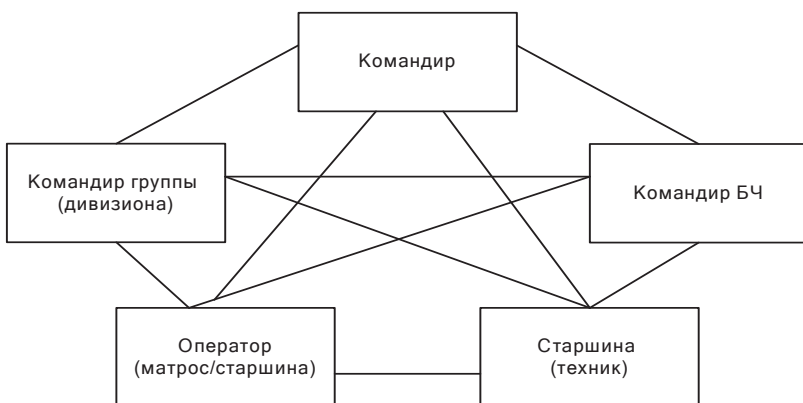


Рис. 1. Граф взаимодействия обучаемых при групповой деятельности

Матрица попарных сравнений

Категории боевого расчета	Командир	Командир БЧ	Командир группы	Старшина/техник	Оператор матрос/старшина
Командир	1	3	3	5	5
Командир БЧ	1/3	1	3	5	5
Командир группы	1/3	1/3	1	4	4
Старшина/техник	1/5	1/5	1/4	1	1
Матрос/старшина	1/5	1/5	1/4	1	1

Таблица 1

ведена в таблице 1. В стохастической матрице сумма элементов в столбцах должна быть равна единице. Условие стохастичности должно гарантировать сходимость и не должно нарушаться. Для обеспечения данного условия необходимо определить нормированные весовые коэффициенты. Стохастическая матрица приведена в таблице 2.

Стохастическая матрица

Категории боевого расчета	Командир	Командир БЧ	Командир группы	Старшина/техник	Оператор/матрос/старшина
Командир	0,483871	0,633803	0,4	0,3125	0,3125
Командир БЧ	0,16129	0,211268	0,4	0,3125	0,3125
Командир группы	0,16129	0,070423	0,133333	0,25	0,25
Старшина/техник	0,096774	0,042254	0,033333	0,0625	0,0625
Матрос/старшина	0,096774	0,042254	0,033333	0,0625	0,0625

Таблица 2

расчетах все участники взаимодействуют друг с другом, что может быть представлено связным графом, как показано на рисунке 1.

Для данного графа предполагается, что связи между участниками расчета являются двухсторонними. Под связью на графе понимается степень доминирования элементов в структуре.

Для оценки степени доминирования будем использовать шкалу Саати [3]. После шкалирования дуг графа проведем нормализацию полученных характеристик с тем, чтобы матрица с результатами попарного сравнения стала стохастической. Матрица попарных сравнений при-

требований к уровням подготовленности каждой категории личного состава, входящего в корабельный боевой расчет, к групповой деятельности, которые могут достигаться при автоматизированном обучении с использованием КСОТ, необходимо объединить полученные результаты в общую структуру, как показано на рисунке 2. Приведенная на данном рисунке структура является сетевой. В отличие от ранее рассмотренных иерархий [2] приведенная модель не относится к классу иерархических структур. На втором уровне иерархии приведена сеть, состоящая из лиц корабельного расчета. В

данный расчет входят: командир корабля, командиры боевых частей, командиры групп (дивизионов), старшины команд (техники) и операторы (старшины и матросы).

Для решения сетевой задачи приведенную структуру можно представить так называемой суперматрицей [3], представляющей собой систему из  $N$  взаимодействующих компонентов. Каждый компонент в суперматрице задается отдельным блоком. В общем случае матрица представляет собой совокупность компонентов и элементов, входящих в эти компоненты. Число элементов определено числом вершин построенной сети. Данная суперматрица является квадратной. Ее строками и столбцами являются элементы структуры, а на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца нахо-



Рис. 2. Сетевая структура для определения требований к уровню подготовленности личного состава



Таблица 3

Предельная суперматрица

Категории боевого расчета	Общая цель	Командир	Командир БЧ	Командир группы	Старшина/техник	Матрос/старшина	Тактическая подготовка	Подготовка по специальности	Общая подготовка	Подготовка по борьбе за живучесть	Иметь представление	Знать	Уметь	Владеть
Командир	0,20	0,1545	0,0676	0,0874	0,0746	0,0746								
Командир БЧ	0,20	0,2023	0,0885	0,0382	0,0326	0,0423								
Командир группы	0,20	0,1277	0,1675	0,0723	0,0257	0,0257								
Старшина/техник	0,20	0,0998	0,1309	0,1355	0,0482	0,0482								
Матрос/старшина	0,20	0,0998	0,1309	0,1355	0,0482	0,0482								
Тактическая подготовка		0,1915	0,2178	0,0867	0,0848	0,0308								
Подготовка по специальности		0,0319	0,1173	0,3198	0,3623	0,0771								
Общая подготовка		0,0543	0,0419	0,0542	0,1850	0,3700								
Подготовка по борьбе за живучесть		0,1110	0,0377	0,0705	0,1387	0,2929								
Иметь представление							0,31		0,09	0,11				
Знать							0,29		0,31	0,28				
Уметь							0,26		0,38	0,40				
Владеть							0,13		0,22	0,20				

дится элемент  $a_{ij}$ , определяющий степень связи между этими элементами. Данные значения получаются путем попарных сравнений.

Ниже в таблице 3 приведена суперматрица с заполненными значениями элементов, полученными в результате попарного сравнения, построенная на основе сети, представленной на рисунке 2. В данной матрице заполнены только элементы, определяющие структурные взаимосвязи боевого расчета, взятые из стохастической матрицы.

При заполнении элементов данной суперматрицы предполагается, что одинаково важно проводить обучение всех категорий кадров ВМФ. Поэтому в левом верхнем блоке суперматрицы приведены равные значения локальных приоритетов.

В дальнейшем для расчета параметров сети произведено определение значений  $A^2, A^3, \dots, A^n$ . Данные степени учитывают транзитивность отношений в суперматрице для всех ее элементов. Поэтому, вычисляя

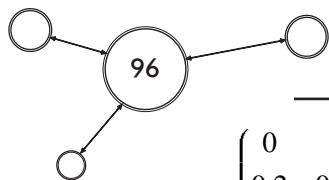
$$\text{значение } A^i = \sum_{i=1}^n A^i, \text{ можно}$$

построить предельную суперматрицу, левый нижний угол которой определит требования к уровню образованности боевого расчета, которого можно достичь при организации автоматизированного обучения с использованием КСОТ.

Используя данные таблицы 3, получим матрицу, представленную на рисунке 3.

Предельная суперматрица для  $n=16$  представлена на рисунке 4.

Степень предельной суперматрицы может быть произвольной. Чем выше степень, тем точнее результат определения элементов предельной суперматрицы. Однако можно показать, что процесс вычисления данных элементов сходящийся, и даже невысокая степень полинома обе-



$$A' := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.1545 & 0.0676 & 0.0874 & 0.0746 & 0.0746 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.2023 & 0.0885 & 0.0382 & 0.0326 & 0.0423 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.1277 & 0.1675 & 0.0723 & 0.0257 & 0.0257 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.0998 & 0.1309 & 0.1355 & 0.0482 & 0.0482 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0998 & 0.1309 & 0.1355 & 0.0482 & 0.0482 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1915 & 0.2178 & 0.0867 & 0.0848 & 0.0308 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0319 & 0.1173 & 0.3198 & 0.3623 & 0.0771 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0543 & 0.0419 & 0.0542 & 0.1850 & 0.3700 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0383 & 0.0377 & 0.0705 & 0.1387 & 0.2929 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.31 & 0.07 & 0.09 & 0.11 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.29 & 0.5 & 0.31 & 0.28 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.26 & 0.19 & 0.38 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.13 & 0.23 & 0.22 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Суперматрица уровня подготовленности боевого расчета

$$A + A^2 + A^3 + A^4 + A^5 + A^6 + A^7 + A^8 + A^9 + A^{10} + A^{11} + A^{12} + A^{13} + A^{14} + A^{15} + A^{16} =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.341	0.272	0.157	0.16	0.115	0.117	0	0	0
2	0.328	0.311	0.16	0.099	0.071	0.082	0	0	0
3	0.335	0.243	0.243	0.129	0.061	0.063	0	0	0
4	0.346	0.222	0.222	0.201	0.086	0.088	0	0	0
5	0.146	0.222	0.222	0.201	0.086	0.088	0	0	0
6	0.2	0.358	0.33	0.174	0.138	0.087	0	0	0
7	0.293	0.252	0.317	0.466	0.431	0.149	0	0	0
8	0.169	0.218	0.194	0.186	0.245	0.432	0	0	0
9	0.14	0.173	0.163	0.176	0.187	0.343	0	0	0
10	0.113	0.167	0.16	0.123	0.115	0.114	0.31	0.07	0.09
11	0.296	0.346	0.359	0.391	0.384	0.33	0.29	0.5	0.31
12	0.228	0.293	0.284	0.275	0.286	0.352	0.26	0.19	0.38
13	0.159	0.187	0.191	0.206	0.208	0.209	0.13	0.23	...

Рис. 4. Предельная суперматрица для n=16

спечивает приемлемую точность. На рисунке 5 показан процесс сходимости на примере одного элемента суперматрицы.

**2 Анализ результатов моделирования**

Таким образом, с учетом нормализации предельной суперматрицы получим вектор приоритетов уровней подготовленности при решении задач автоматизированной подготовки на КСОТ. Ненормализованные и нормализованные значения вектора приведены в таблице 4.

Если первые два уровня требований обеспечиваются теоретической подготовкой, а вторые два — практической, то получается примерно одинаковое распределение видов занятий при подготовке экипажей кораблей к групповой деятельности на КСОТ:

- 1 Теоретическая подготовка 51%.
- 2 Практическая подготовка 49%.

Второй нижний блок матрицы (столбцы 2 - 6) показывает распределение по видам подготовки для различных категорий корабельного боевого расчета. Данные столбцы показывают, что рас-

пределение видов занятий для различных категорий боевого расчета также должно быть примерно одинаковым.

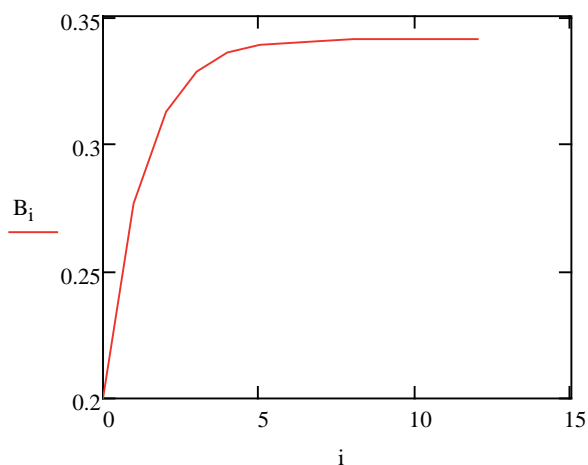


Рис. 5. Анализ сходимости определения элементов суперматрицы

Таблица 4  
Значения вектора приоритетов

Уровни подготовленности	Ненормализованные значения	Нормализованные значения
Иметь представление	0,113	0,141959799
Знать	0,296	0,371859296
Уметь	0,228	0,286432161
Владеть	0,159	0,199748744

Таблица 5  
Распределение бюджета времени по видам подготовки

Уровни подготовленности	Ненормализованные значения	Нормализованные значения
Тактическая	0,2	0,249376559
По специальности	0,293	0,365336658
Общая	0,169	0,210723192
По борьбе за живучесть	0,14	0,174563591

Таблица 6  
Приоритеты подготовки различных категорий военнослужащих

Категории боевого расчета	Ненормализованные значения	Нормализованные значения
Командир	0,341	0,227941176
Командир БЧ	0,328	0,219251337
Командир группы	0,335	0,223930481
Старшина/техник	0,346	0,231283422
Матрос/старшина	0,146	0,097593583

С учетом свойства транзитивности данная предельная суперматрица показывает распределение бюджета времени по видам подготовки (строки 7-10). С учетом нормировки в таблице 5 приведено данное распределение.

Данное распределение показывает, что наибольшее внимание следует уделять подготовке по специальности и тактической подготовке, наименьшее – подготовке по борьбе за живучесть. Данный вывод согласуется со здравым смыслом, т.к. для подготовки по борьбе за живучесть необходимо приобретение фактических, а не «виртуальных» навыков по борьбе с водой, борьбе с пожаром, борьбе за живучесть технических средств и др.

Последний вывод, который может быть получен из суперматрицы, основывается на рассчитанном (а не заданном) приоритете в подготовке различных категорий военнослужащих экипажа (2 - 6 строки). Значения соответствующих элементов предельной суперматрицы, несмотря на то, что изначально устанавливались одинаковые значения локальных приоритетов, стали неравными (таблица 6).

При этом наименьший приоритет получен для матросов. Это свидетельствует о том, что бюджет времени для подготовки данной категории личного состава может быть меньше, чем для других категорий. Для остальных категорий бюджет должен быть примерно оди-

наковым. Таким образом, практический вывод из данных чисел состоит в следующем. Из выделенного на обучение бюджета времени подготовка матросов не требует очень большого бюджета времени для их работы на КСОТ. Это обусловлено тем, что их роль в групповой деятельности незначительна. Она заключается в основном в их деятельности как операторов-«манипуляторов», операторов-«наблюдателей». В то же время КСОТ как образец компьютерных систем обучения в первую очередь ориентирована на подготовку к принятию решений в сложных тактических ситуациях, что свойственно для других категорий обучаемых. Кроме того, полученные результаты свидетельствуют о том, что при формулировании функциональных требований к КСОТ очень важно формировать требования к автоматизированным рабочим местам командиров.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Приведенные в статье модель и результаты моделирования показывают, что с помощью модели могут формироваться требования к различным видам КСОТ, в том числе и для автоматизированной подготовки экипажей кораблей. Предложенная модель была использована для формирования требований и создания КСОТ для подготовки экипажей надводных кораблей по радиоэлектронному вооружению. Опыт её практического использования показал свою дидактическую эффективность. В качестве дальнейших путей развития предложенной модели предлагается сделать ее комплексной, состоящей из четырех подсетей, соответственно для оценки выгод, возможностей, издержек и рисков. Такая комплексная модель позволит создать интегральный критерий «эффективность/стоимость», сформировав таким образом средство военно-экономического анализа работ по созданию как компьютерных систем обучения, так и других образцов вооружения и техники.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения. Унифицированный подход. – М.: Лори, 2002.
- 2 Довженко В.Н., Татаринев А.А., Чудиков О.Е. Подход к формированию квалификационных требований к подготовке специалистов ВМФ различного уровня// Сборник трудов ВСОК ВМФ. – 2008. - № 7.
- 3 Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети/ пер. с англ; научн. ред. А.В. Андрейчиков, А.Н. Андрейчикова. - М.: Издательство ЛКИ, 2008.