

ния. Монография». – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2008. – 308 с.

2. Колчин А.Ф. и др. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.

3. Берман А.Ф. Деградация механических систем. – Новосибирск: Наука, 1998. – 320 с.

4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирования систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.

5. Вильвер П.Ю., Протасов А.В. Имитационное моделирование сложных динамических систем с использованием сетей Петри. // Мехатроника, автоматизация, управление. – М.: № 7. 2011 С. 35-39.

6. Протасов А.В., Вильвер П.Ю. Особенности использования метода индексирования при анализе техногенного риска в России. // Вестник ИрГТУ. – Иркутск изд-во ИрГТУ. № 11. 2011. С. 262–266.

Innovative risk management in lifecycle of technical systems

A.V. Protasov, candidate of technical sciences, associate professor of quality management and mechanics department of the Irkutsk national research technical university; Irkutsk
e-mail: artem_protasov@mail.ru

P. Yu. Vilver, programmer of Institute of dynamics of systems and theory of management of the Siberian office of the Russian Academy of Science (IDSTM of the SO RAS); Irkutsk

Summary. Scenarios of possible accidents of mechanical systems and algorithm of assessment of technogenic risk on the basis of strength safety are considered. The concept of system approach for the analysis, assessment and management of technogenic risk is offered.

The technique and tool for a program complex of monitoring of parameters of processing equipment online, for the purpose of operational acceptance of management decisions on prevention of refusals difficult technical, and also integration of dynamic modeling with use of the modified Petri's networks and an index method is developed for the analysis and management of risk of difficult technical systems in the industry.

Keywords: product quality control, technogenic risk, analysis and risk assessment, product lifecycle, hazardous production facility.

References

1. Sosunov I.V. «Topical issues of civil defense and protection against emergency situations in the conditions of technical regulation. Monograph». The All-Russian Research Institute on problems of civil defense and emergency situations of Emercom of Russia (the Federal Center). 2008. Moscow, pp. 308

2. Kolchin A.F. Product lifecycle management. Anakharsis. 2002. Moscow, 304 p.

3. Berman A.F. Degradation of mechanical systems. Science. 1998. Novosibirsk, 320 p.

4. Piterson G. Theory of networks of Petri and modeling of systems. Mir. 1984. Moscow, pp. 264 c.

5. Vilver P.Yu., Protasov A.V. Imitating modeling of difficult dynamic systems with use of networks of Petri. Mechatronics, automation, management. 2011. No. 7. Moscow, pp. 35–39.

6. Protasov A.V., Vilver P.Yu. Features of use of a method of indexing in the analysis of technogenic risk in Russia. Vestnik of Irkutsk state technological university. Publishing house of Irkutsk state technological university. 2011. No. 11. Irkutsk, pp. 262–266.

Модели и методы адаптивного управления индивидуальным и командным обучением на основе виртуального тренажера

Л.С. Лисицына

д.т.н., профессор Санкт-Петербургского исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики; Санкт-Петербург

Н.П. Сметюх

аспирант Санкт-Петербургского исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики; Санкт-Петербург

e-mail: nadya.s.2011@yandex.ua

Аннотация. Электронное обучение с использованием виртуальных тренажеров является важнейшим трендом развития современного образования, в том числе в области непрерывной переподготовки специалистов в условиях быстро изменяющихся требований к их квалификации. Данная работа основана на обобщении большого опыта разработки и внедрения виртуальных тренажеров для переподготовки (повышения мастерства) экипажей судов Азово-Черноморского бассейна по обработке эффективных приемов ведения лова в условиях постоянно изменяющихся факторов риска (ветер, качка, плохая освещенность и т.п.), который накоплен учебным тренажерным центром в Керченском государственном морском технологическом университете (КГМТУ) Республики Крым.



Ключевые слова: риск, фактор, обучение, морской, тренажер.

Анализ научных исследований. Виртуальное обучение и подготовка операторов на основе виртуального тренажера ААСУО сокращает время и уменьшает средства на получение необходимых профессиональных навыков и доведение этих навыков до уровня мастерства. Этим достигается отсутствием негативных последствий фактора риска, сопутствующих обучению и подготовке специалистов водного транспорта в реальных условиях. Все это позволяет обучать специалиста водного транспорта (СВТ) без значительных материальных потерь; – непосредственным увязыванием теоретических знаний в области автоматизации процессов обучения промышленного рыболовства и промыслового судовождения с требованиями практики. Работе на виртуальном тренажере должна предшествовать необходимая теоретическая подготовка СВТ, способствующая четкому пониманию целей и задач обучения а также использование опыта лучших экипажей судов Азово-черноморского бассейна при обработке автоматизированных приемов ведения лова. Для решения этой проблемы в работе разрабатывалась научная задача создание методов адаптивного управления индивидуальным и командным обучением на основе виртуальных тренажеров.

Целью работы является исследование и разработка методов адаптивного управления индивидуальным и командным обучением на основе профессиональных виртуальных тренажеров, способствующих обучению специалистов рыбопромыслового флота Азово-Черноморского бассейна.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в диссертационной работе использован системный и ситуационный подходы; а также: методы теории управления для постановки проблемы принятия решений; теория подобия для построения формальной модели системы; аппарат теории вероятностей, нечетких и приближенных множеств для учета ИСС входной информации; методы теории ситуационного управления для построения модели совместной активности; методы теорий алгебраических колец и графов для формализации сетевой модели представления знаний и модели согласованности древовидных структур; методы машинного обучения для решения задачи сужения хранилища данных; методы адаптивного планирования для решения задачи планирования активности.

Результаты исследований. Рассмотрим процесс разработки последовательно-парал-

лельная модель взаимодействия системы обучения СВТ-СИКО на основе виртуального тренажера. На фазах процесса поиска решений $F_s = \{F_1, F_2\}$, адаптации и верификации $F^A = \{F_3, F_4\}$ для синтеза модели взаимодействия может использоваться параллельно-последовательная модель обработки информации, позволяющая реализовать цикл вывода по прецедентам как выполнение множества параллельных потоков. Поскольку наблюдаемый поток событий S_i соответствует конкретному наблюдаемому объекту A_i , появление всякого очередного наблюдаемого объекту A_i в области взаимодействия C' влечет запуск нового процесса поиска решений F_i^S . Выход наблюдаемого объекта A_k за пределы области C' , соответственно, влечет завершение связанного с ним процесса поиска решений F_i^S . Таким образом, модель одновременно и параллельно выполняет столько процессов поиска решений $F^S = \{F_0^S, F_1^S, \dots, F_n^S\}$, сколько в C' наблюдается объектов $A = \{A_0, \dots, A_i, \dots, A_n\}$. Для каждого из наблюдаемых потоков событий $\{S_i\}_{i=0}^n$ процесс поиска решений F^S , включающий фазы извлечения F_1 и отбора F_2 , а также процесс адаптации и верификации решений F^A (фазы адаптации F_3 и верификации F_4) представлены на рис. 1. Последовательно-параллельная модель взаимодействия системы СВТ-СИКО на основе виртуального тренажера. Фаза извлечения F_i для каждого S_i как элемент процесса F_i^S состоит из четырех последовательных функций обработки информации, в результате последовательного выполнения которых формируется множество активных гипотез $H_i^{(t)}$. Имеется также самостоятельный бесконечный процесс накопления прецедентов F^R . Поскольку на фазах обучения F_s и накопления прецедентов F_6 выполняются переборные алгоритмы, вычислительная сложность процесса обучения и накопления прецедентов препятствует его выполнению в основном цикле модели. Как показано на рис. 1, данный процесс вводится в обратную связь основного цикла по информации. Появление на выходе основного цикла каждого очередного верифицированного решения r_R запускает фазу накопления F_6 , которая выполняется моделью асинхронно в фоновом режиме. В результате выполнения F_6 ДСПС принимает решение – требуется ли запись e_R в ХП, и если да, то не требуется ли удалить из ХП какой-либо другой прецедент e_i , если в результате записи e_R он станет нерепрезентативным [1–5].

Фаза обучения F_5 запускается при старте системы и выполняется бесконечно в фоновом режиме, образуя цикл обучения. Фазы F_5 и F_6 представляют собой самостоятельные вычислительные потоки.

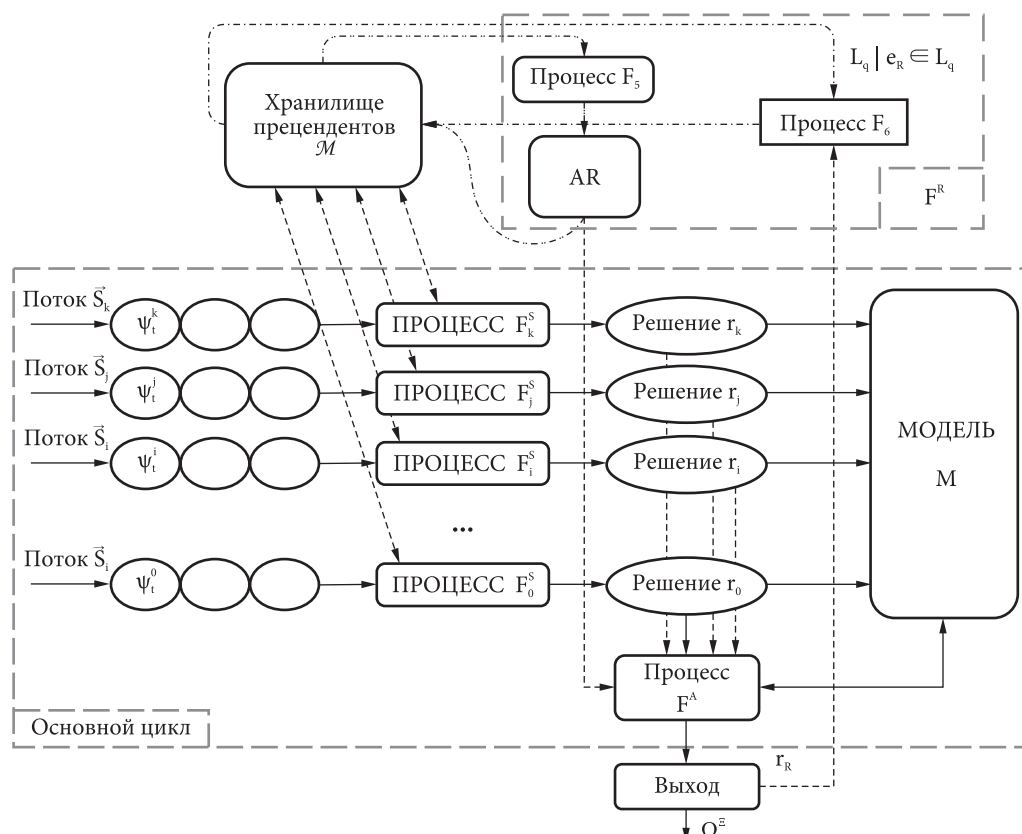


Рис. 1. Модель основного цикла вывода, включающая множество совместно последовательно и параллельно выполняемых бесконечных процессов поиска решений $F^S = \{F_0^S, \dots, F_i^S, \dots, F_n^S\}$

При появлении каждого нового события выполнение фаз F_5 и F_6 приостанавливается, и в приоритетном режиме выполняется основной цикл. Таким образом, процесс F^R является фоновым и заполняет холостое время основного цикла функционирования системы; результатом его выполнения является состояние хранилища прецедентов, близкое к балансу между размерами системы и ветвлением в целевых вершинах, что обеспечивает требуемые показатели быстродействия системы в реальном времени [5–8].

Фазовый граф системы СВТ-СИКО на основе виртуального тренажера изображен на рис. 2.

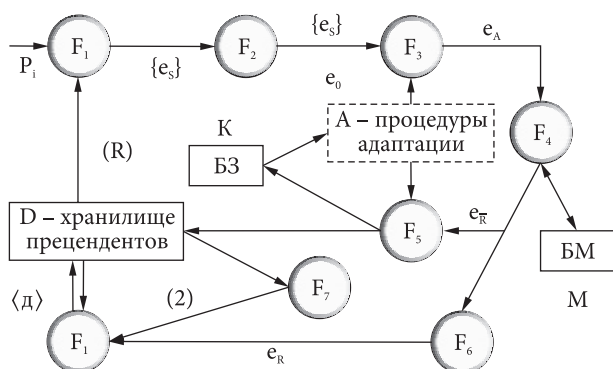


Рис. 2. Фазовый граф системы СВТ-СИКО на основе виртуального тренажера

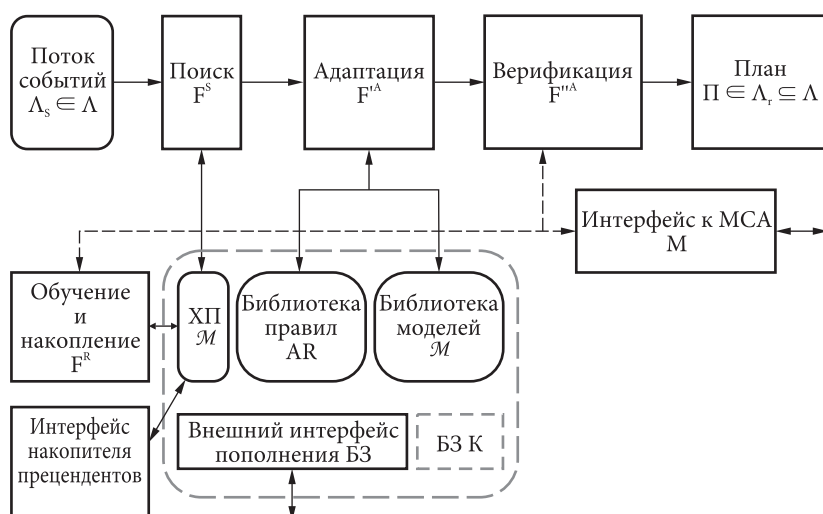
Взаимодействие фаз при функционировании системы с учетом структуры и задач каждой фазы может быть представлено в виде модели системы СВТ-СИКО на основе виртуального тренажера рис. 4.

Решения $\{r_0, \dots, r_n\}$ представляют собой возможные планы действий СВТ взаимодействующих объектов $\{A_0, \dots, A_n\}$, используемые для верификации решения Ω^Ξ на модели M , а также для поиска прецедентов в качестве контекста иницирующего прецедента $Ctx(s(t))$.

Структура системы СВТ-СИКО на основе виртуального тренажера показана на рис. 3 и представляет: структуру (шаблон) контекста прецедента, структуру (прототип) решения прецедента; задает используемые функции подобия и оценки уместности, настроенный ряд параметров цикла вывода системы. Внутренняя архитектура ДСПС соответствует декомпозиции «процесс-задача-метод», где под *процессом* понимается единица параллельной функциональности системы, соответствующая фазе основного цикла вывода по прецедентам, под *задачей* – единица последовательной функциональности системы внутри отдельного процесса, под *методом* – способ решения конкретной задачи.

Каждой задаче соответствует библиотека методов ее решения (рис. 4), служащая заместителем (*proxy*) в терминах COM-технологий, в то время

Рис. 3. Организация
блоков системы
СВТ-СИКО
на основе
виртуального
тренажера



как конкретная реализация метода в виде *inproc-DLL* модуля выбирается из библиотеки посредством параметра конфигурации.

Система содержит множество предопределенных методов решения задач, однако, в случае необходимости, любой метод может быть переопределен в виде подключаемой *DLL*-библиотеки [9–11].

В системе допустимы *методы реализации и методы декомпозиции*. Метод реализации является программным кодом, непосредственно решающим задачу, ассоциированную с ним. Метод декомпозиции разбивает задачу на множество последовательно решаемых подзадач, каждой из которых может соответствовать свой метод.

Для выполнения классификации целей по K^3 , K^4 , K^6 , K^7 необходимо определить оценки значений границ областей безопасности, в частности T_z , T_s , T_u и соответствующие им при неизменной скорости перемещения МДО значения D_z , D_s и D_u . Границы областей безопасности определяются как приближенные оценки интервалов, заданные граничными областями BND_{H1} , BND_{H2} , BND_{H3} в терминах теории приближенных множеств:

$$\begin{aligned} POS_{H3} &= NEG_{H2} \cup BND_{H2} \cup POS_{H2}, \\ POS_{H2} &= NEG_{H1} \cup BND_{H1} \cup POS_{H1}. \end{aligned} \quad (1)$$

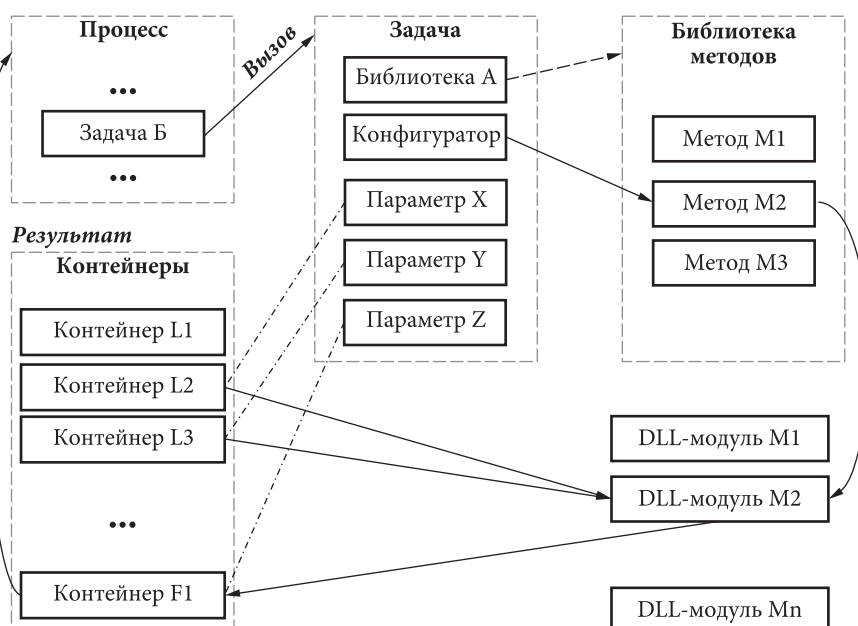


Рис. 4. Описание задачи
DLL-библиотекой методов
решения задач

Таблица 1.

Классификационные признаки для классификации возмущения

Классификация	Признак	Значение	Класс
K^1	$V_i, \dot{V}_i, \dot{K}_i$	$V_i = 0$	Неподвижное
		$(V_i > 0) \wedge (\dot{V}_i = 0) \wedge (\dot{K}_i = 0)$	Подвижное неманеврирующее
		$(V_i > 0) \wedge ((\dot{V}_i = 0) \vee (\dot{K}_i = 0))$	Подвижное маневрирующее
K^2		$\dot{D}_{oi} > 0$	Удаляющееся
		$\dot{D}_{oi} = 0$	Равноудаленное
		$\dot{D}_{oi} < 0$	Сближающееся
K^3	D_i, T_i	$(D_i \leq D_z) \wedge (0 < T_i \leq T_z)$	Опасное
		$(D_i \leq D_z) \wedge (T_i > T_z)$	Потенциально опасное
		$(D_i > D_z) \wedge (T_i > T_z)$	Неопасное
K^4	T_i	$T_i > T_z$	ОВО свободного движения
		$T_s < T_i \leq T_z$	ОВО своевременного маневра
		$T_u < T_i \leq T_s$	ОВО запоздалого маневра
		$0 < T_i \leq T_u$	ОВО экстренного маневра
K^5	P_{oi}	$P_{oi} = 0$	Равно приоритетное
		$P_{oi} = 1$	Пассивное
		$P_{oi} = -1$	Активное

Пространство взаимодействия C' разделяется на области (рис. 5) по K^4 с помощью приближенных оценок значений границ безопасности $\tilde{D}_z, \tilde{D}_s, \tilde{D}_u$.

Зная указанные оценки, и предполагая скорость перемещения МО постоянной на текущем отрезке времени, можно определить значения T_z, T_s и T_u . Поскольку формальных методов определения достоверных оценок границ об-

ластей безопасности не существует, но очевидно на их (оценок) повторяемость в подобных ситуациях для однотипных классов возмущений, в «МВТИКО» для обучения приближенных оценок границ областей безопасности МО используются следующие принципы [12–15].

$$s_k = \left\langle t_k, \left\langle S_k^{SP}, \left\langle S_k^M, \left\langle S_k^{CTZ}, \left\langle S_k^{STR}, \left\langle S_k^D \right\rangle \right\rangle \right\rangle \right\rangle \right\rangle, \quad (2)$$

где S_k^{SP} – пространственный контекст; S_k^M – контекст внешней среды; S_k^{CTZ} – контекст безопасности; S_k^{STR} – структурно-позиционный контекст; S_k^D – динамическая сцена.

Процесс обучения в «МВТСИКО» представлен на рис. 6.

Предположительные состояния как результат работы МВТСИКО вносятся в МСА в виде гипотез. Выявленные расхождения между реально наблюдаемыми состояниями ПС и возможными состояниями, спрогнозированными МВТСИКО, приводят к формированию опровержений, которые также вносятся в МСА. Снятие выявленных противоречий приводит к определению действительных процессов активности МО в ПС, что дает возможность выработать рекомендации и сценарии решений

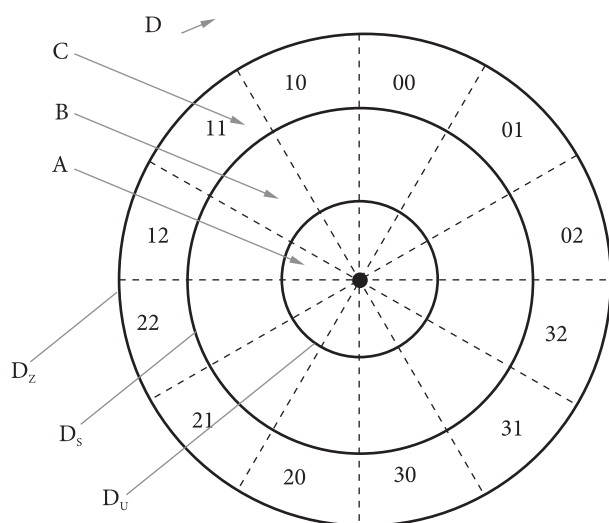
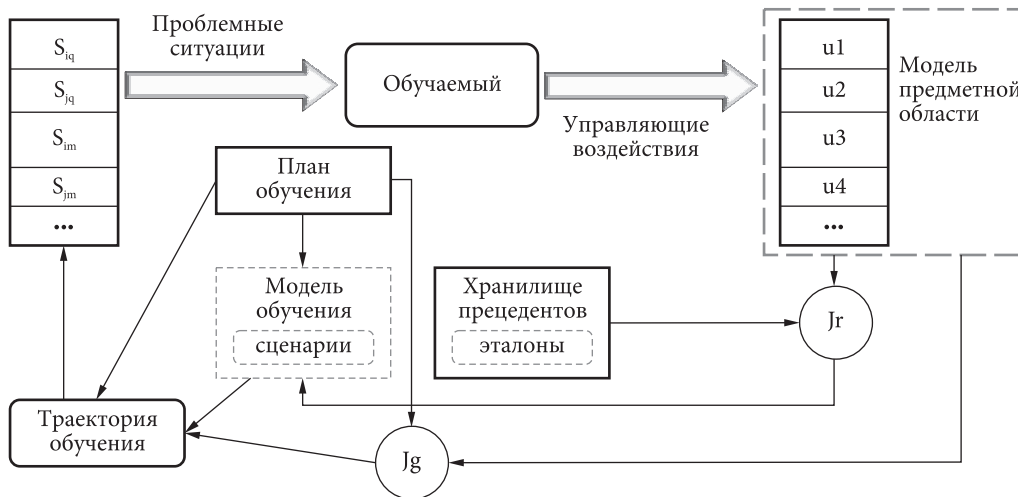


Рис. 5. Схема классификации МПО по пространственному положению

Рис. 6.
Процесс обучения
в «МВТСИКО»



по управлению, включающие операции – последовательности векторов УВ. Для формирования альтернатив решений в виде планов и сценариев УВ используется правдоподобный вывод по прецедентам в МВТСИКО. Возможные решения представляются СВП посредством графического построения.

Выводы

Предварительная подготовка судоводителя на виртуальном тренажере позволяет восстановить навык в разработке тактики плавания в районе предстоящего маневрирования, изучить особенности процесса перемещения и обоснованно выбрать способ управления движением. Предварительная подготовка к промыслу и необходимость планирования криволинейных участков позволит приобрести знания в решении тактических и технологических задач маневрирования и уменьшит вероятность возникновения неудачных заматов тралового трала.

Результаты изучения существующей СУМ и предложенные формализованные модели позволили разработать новую структуру АСУ судном на этапе замата тралового трала. Это стало возможным за счет создания иерархической трехуровневой интегрированной системы управления процессом маневрирования, а также учесть специфику управления судном на этапе замата тралового трала. В работе предложен список требующихся мер, необходимых для реализации ПИТ.

Литература

1. Chernyi S. Techniques for selecting topology and implementing the distributed control system network // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Cep. «International Conference on

Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015, MEACS 2015» 2016. С. 012048.

2. Kuznetsov V.N., Nyrkov A.P., Sokolov S.S., Chernyi S.G., Bukharmetov M.R., Mamunts D.G. Decision support systems based on bayes' theorem // В сборнике: 23rd Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2016 - Proceedings 23. 2016. С. 498–500.

3. Chernyi S. Use of information intelligent components for the analysis of complex processes of marine energy systems // Transport and Telecommunication. 2016. Т. 17. № 3. С. 202–211.

4. Chernyi S.G. Intelligent control terrosystems under conditions of interval uncertainty // Metallurgical and Mining Industry. 2016. Т. 5. С. 66–71.

5. Sokolov S.S., Nyrkov A.P., Chernyi S.G., Ezhov Yu.E., Zub I.V. The simulation model as a tool for diagnostics of operation equipment // Journal of Engineering Science and Technology Review. 2016. Т. 9. № 5. С. 176–181.

6. Markman, A. Thinking / A.B. Markman, D. Gentner // Annual Reviews Psychology. – 2001. – Vol. 52. – Pp. 223–247.

7. Marling, C. Towards case-based reasoning for diabetes management / C. Marling, J. Shubrook, F. Schwartz // Computational Intelligence. – 2009. – Vol. 25. – № 3. – Pp. 165–179.

8. Martin, F. Case-Based Sequence Analysis in Dynamic, Imprecise, and Adversarial Domains: tesi doctoral / F. J. Martin. – Barcelona: Universitat Politècnica De Catalunya, 2004. – 285 p.

9. McSherry, D. Explanation in Case-Based Reasoning: an Evidential Approach / D. McSherry // Proc. of 8th UK Workshop on Case-Based Reasoning. Cambridge, 2003. – Pp. 47–55.

10. McSherry, D. Explanation in recommender systems / D. McSherry // Artificial Intelligence Review. – 2005. – Vol. 24. – № 2. – Pp. 179–197.

11. Нырков А.П., Соколов С.С., Жиленков А.А., Черный С.Г. Программно-аппаратная реализация системы предупреждения аварийной ситуации для объектов морского транспорта // Автоматизация в промышленности. 2016. Т. 02. С. 56–60.

12. Нырков А.П., Соколов С.С., Черный С.Г., Бориев З.В. К вопросу обеспечения безопасности передачи данных в информационных системах на транспорте с точки зрения эталонной модели взаимодействия открытых систем // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2016. № 2. С. 28–34.

13. Широких Г.В., Черный С.Г. Моделирование процессов загрузки поступления информации на основе самообучающихся сетей // Информационные технологии моделирования и управления. 2005. № 2(20). С. 279–282.

14. Черный С.Г. Формирование экспертной группы по оценке состояния морских объектов на платформе программно-алгоритмического компонента // Информационные ресурсы России. 2016. № 5(153). С. 40–45.

15. Черный С.Г., Жиленков А.А. Моделирование управления процессами в сложных системах при недетерминированных возмущающих воздействиях // Автоматизация процессов управления. 2016. № 1(43). С. 37–46.

Models and methods of adaptive management of individual and team training at the basis of the virtual simulators

L.S. Lisitsyna, doctor of technical sciences, professor of the St. Petersburg research university of information technologies, mechanics and optics; St-Petersburg

N.P. Smetyukh, graduate student of the St. Petersburg research university of information technologies, mechanics and optics; St-Petersburg

e-mail: nadya.s.2011@yandex.ua

Summary. Electronic training with use of virtual exercise machines is the most important trend of development of modern education, including in the field of continuous retraining of experts in the conditions of quickly changing requirements to their qualification. This work is based on generalization of wide experience of development and deployment of virtual simulators for retraining (increase in skill) of crews of vessel of the Azovo-Chernomorsky pool for handling of effective acceptances of conducting fishing in the conditions of constantly changing risk factors (wind, the muscleman, bad illumination, etc.) which is saved up by the training center at the Kerch State Sea Technological University (KSSTU) of the Republic of Crimea.

Keywords: risk, factor, training, sea, stimulator.

References

1. Cherniy S. Techniques for selecting topology and implementing the distributed control system network. *IOP Conference Series: Materials of Science and Engineering Ser. «International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015, MEACS 2015»* 2016. pp. 012048.

2. Kuznetsov V.N., Nirkov A.P., Sokolov S.S., Cherniy S.G., Bukharmetov M.R., Mamunts D.G. Decision support systems based on buyers' theorem. *In the collection of 23rd Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2016 – Proceedings* 23. 2016. pp. 498–500.

3. Cherniy S. Use of information intelligent components for the analysis of complex processes of marine energy systems. *Transport and Telecommunication*. 2016. Volume 17. No. 3. pp. 202–211.

4. Cherniy S.G. Intelligent control terrosystems under conditions of interval uncertainty. *Metallurgical and Mining Industry*. 2016. Volume 5. pp. 66–71.

5. Sokolov S.S., Nirkov A.P., Cherniy S.G., Ezhov Yu.E., Zub I.V. The simulation model as a tool for diagnostics of operation equipment. *Journal of Engineering Science and Technology Review*. 2016. V. 9. No. 5. pp. 176–181.

6. Markman A.B. Gentner D. Thinking. *Annual Reviews Psychology*. 2001. Volume 52. pp. 223–247.

7. Marling C., Shubrook J., Schwartz F. Towards case-based reasoning for diabetes management. *Computational Intelligence*. 2009. Volume 25. No. 3. pp. 165–179.

8. Martin F. J. Case-Based Sequence Analysis in Dynamic, Imprecise, and Adversarial Domains: tesi doctoral. *Universitat Politècnica De Catalunya*. 2004. Barcelona 285 p.

9. McSherry D. Explanation in Case-Based Reasoning: an Evidential Approach / D. McSherry. *Proc. of 8th UK Workshop on Case-Based Reasoning*. Cambridge. 2003. pp. 47–55.

10. McSherry D. Explanation in recommender systems. *Artificial Intelligence Review*. 2005. Volume 24. No. 2. pp. 179–197.

11. Nirkov A.P., Sokolov S.S., Zhilenkov A.A., Cherniy S.G. Hardware-software implementation of system of warning of an alert condition for objects of the marine transport. *Automation in the industry*. 2016. Volume 02. pp. 56–60.

12. Nirkov A.P., Sokolov S.S., Cherniy S.G., Boriev Z.V. To a question of safety of data transfer in information systems on transport from the point of view of a reference model of open system interconnection. *Automation, telemechanization and communication in oil industry*. 2016. No. 2. pp. 28–34.

13. Shirokikh G.V., Cherniy S.G. Modeling of processes of load of receipt of information on the basis of self-training networks. *Information technologies of modeling and management*. 2005. No. 2(20). pp. 279–282.

14. Cherniy S.G. Formation of expert group on assessment of a condition of sea objects on a platform of a program and algorithmic component. *Information resources of Russia*. 2016. No. 5(153). pp. 40–45.

15. Cherniy S.G., Zhilenkov A.A. Modeling of management of processes in difficult systems at the nondeterministic revolting influences. *Automation of management processes*. 2016. No. 1(43). pp. 37–46.