

## НЕПРОЦЕДУРНЫЙ СИНТЕЗ СЦЕНАРИЕВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### NONPROCEDURAL SYNTHESIS OF SCENARIOS OF PROFESSIONAL TRAINING OF ERGATIC SYSTEM OPERATORS

**Андрей Витальевич Горохов** **Andrey Vitalievich Gorokhov**

доктор технических наук, профессор  
GorokhovAV@volgatech.net

**Игорь Валерьевич Петухов** **Igor Valerievich Petukhov**

доктор технических наук, профессор  
PetuhovIV@volgatech.net

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия  
Volga State University of Technology,  
Yoshkar-Ola, Russia

***Аннотация.** Предлагается технология непроцедурного синтеза сценариев профессиональной подготовки операторов эргатических систем. Применение функционально-целевого подхода обеспечивает формальный синтез на основе концептуальной модели сценариев профессиональной подготовки, в структурно-алгоритмической организации которых отражена структура предметной области. Такой подход позволяет осуществить рационально обоснованный синтез сценариев профессиональной подготовки с точки зрения целей функционирования эргатической системы.*

***Ключевые слова:** информационная технология, экспертные знания, профессиональная подготовка, синтез сценариев, функционально-целевой подход, концептуальная модель.*

***Abstract.** The study is aimed at developing information technology to support the nonprocedural synthesis of scenarios for professional training of ergatic system operators. The application of the functionally-targeted approach provides a formal basis for synthesis based on the conceptual model of professional training scenarios which structural-algorithmic organization reflects the structure of the domain. This approach allows for rationally justified synthesis and choice of scenarios of professional training from the perspective of ergatic system operation goals.*

***Keywords:** information technology; expert knowledge; professional training; synthesis of scenarios; functionally-targeted approach; conceptual model.*

Эффективность профессиональной деятельности человека зависит от его психофизиологического состояния и возможностей освоения определенных видов деятельности. Поэтому актуальной является проблема обучения индивидуума определенным видам профессиональной

деятельности с учетом индивидуальных особенностей сенсорного, когнитивного и моторного реагирования [4]. Данная проблема наиболее остро стоит в профессиональной деятельности, связанной с человеко-машинным взаимодействием. В настоящее время рождается комплекс-

ный подход в развитии человеко-машинного взаимодействия с позиций исследования и формирования когнитивных структур человека.

Рассмотрим задачи профессиональной подготовки человека-оператора в человеко-машинных системах. Анализ литературных источников свидетельствует, что современная концепция обеспечения человеко-машинного «сотрудничества» основана на теории эргатических систем. Под эргатической системой понимают сложную систему управления, составным элементом которой является человек-оператор, а главной задачей — оптимальное распределение функций между оператором и техническим устройством и их взаимное дополнение [3].

Разнообразие объектов управления и задач, решаемых в процессе управления, обуславливает широкую номенклатуру операторских специальностей. Так, общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов содержит около 350 операторских профессий и порядка 20 операторских должностей.

В зависимости от объекта управления и режима работы каждый из этапов операторской деятельности характеризуется различной сложностью и длительностью выполнения и в различной степени влияет на конечную эффективность операторской деятельности. При этом под эффективностью операторской деятельности понимается степень удовлетворения целей функционирования эргатической системы управления (ЭСУ). Профессиональная подготовка оператора включает в себя профессиональную ориентацию (оценку профпригодности и выбор наиболее подходящей профессии) и профессиональную реабилитацию (развитие профессионально важных качеств в выбранной профессиональной деятельности). Оценка профпригодности оператора осуществляется посредством анализа профессионально важных качеств (ПВК), характеризующих эффективность операторских действий на отдельных этапах операторской деятельности. Следовательно, задача профессиональной ориентации сводится к количественной оценке разницы значений ПВК, полученных в результате декомпозиции цели функционирования конкретной ЭСУ, и значений ПВК, полученных в результате тестирования работника. Далее сле-

дует определение наиболее соответствующих по выбранным критериям данному работнику операторских профессий. Задача реабилитации сводится к формированию программ обучения работника для изменений значений ПВК работника с целью уменьшения значений отклонений ПВК, полученных на этапе профессиональной ориентации.

Для решения поставленной задачи с необходимой для получения практически значимых результатов полнотой и многосторонностью используется моделирование профессиональной ориентации и реабилитации. Задача такого моделирования выходит за рамки формальных постановок и требует применения экспертных методов решения. Поэтому для решения задачи формализации и интеграции коллективных экспертных знаний целесообразно использовать концептуальную модель предметной области, которая необходима для перехода от ментальных моделей экспертов к их формальному описанию, допускающему единственную интерпретацию. Несмотря на сложную структуру процессов принятия решений в области профессиональной ориентации и реабилитации, концептуальную модель данной предметной области возможно и целесообразно разрабатывать иерархической (древовидной) структуры, поскольку при создании концептуальной модели решается проблема представления знаний о предметной области, а не моделирования процессов. Создание такой модели обеспечивает не только формализацию и интеграцию коллективных экспертных знаний, но и формальный синтез сценариев профессиональной реабилитации, в структурной организации которых отражена структура целей предметной области. Такой подход позволяет осуществить рационально обоснованный синтез и выбор сценариев профессиональной реабилитации с точки зрения сформулированных при создании модели целей профессиональной подготовки. Формализация данных целей в виде концептуальной модели, представляющей собой результат декомпозиции глобальной цели, позволяет существенно упростить задачи профессиональной ориентации и реабилитации. Одним из подходов к созданию концептуальной модели предметной области является функционально-целевой, развитый для класса задач с древовидными моделями предметной области

[2]. Исходная посылка функционально-целевого подхода — решение проблем через формирование системы целей. Цель достигнута, если решена соответствующая задача. Решение задач обеспечивается соответствующими функциями синтезируемой системы. Функционально-целевой подход обеспечивает структурный синтез систем, функции которых (т. е. поведение системы) обеспечивают решение соответствующих задач. Таким образом, функционально-целевой подход предполагает соответствие между целями различных уровней концептуальной модели по следующему принципу: каждой цели соответствует функция, обеспечивающая достижение этой цели. Эти функции, в свою очередь, являются целями, достигаемыми на следующем, более низком, уровне иерархии модели. Реализация функционально-целевого подхода, базирующегося на концепции управления через целеполагание и предполагающего соответствие функций системы управления целям предметной области, обеспечивает как формальную постановку и решение задач, так и практическую реализацию синтеза алгоритмов управления, оптимальных в смысле заданных критериев. Таким образом обеспечивается и учет особенностей решаемых задач. Как указывается, например, в работе [2], идеальная в смысле приспособленности к решаемой задаче по важнейшим характеристикам процесса решения структура вычислительной системы должна соответствовать естественной структуре решаемой задачи.

Декомпозиция целей профессиональной ориентации и реабилитации оператора ЭСУ производится экспертным методом на основе авторской технологии [1]. Для экспертов обязательными являются ограничение структуры создаваемого фрагмента концептуальной модели — он должен быть древовидным, единая идентификация компонентов нижнего уровня — концептуальной (уровень примитивов), т. е. неделимой с точки зрения глобальной цели. В нашем случае это уровень ПВК человека-оператора ЭСУ. Глубина декомпозиции цели функционирования конкретной ЭСУ определяется достижением уровня ПВК (уровень примитивов). Затем осуществляется декомпозиция деятельности оператора на отдельные элементы в соответствии с моделью очередности операторских действий [5].

В этом случае каждый из этапов операторской деятельности будет представлен набором элементарных действий, успешное осуществление которых зависит от степени обладания оператором определенными качествами.

Использование различных тестовых заданий позволяет моделировать большинство видов операторской деятельности в различных условиях среды обитания человека-оператора при воздействии на него различных факторов внешней среды. В то же время, очевидно, что каждому виду операторской деятельности соответствует свой специфический набор ПВК, определяющих качество выполнения профессиональных функций.

Поэтому представляется целесообразным для каждого вида операторской деятельности выполнять классификацию ПВК по этапам операторской деятельности. Очевидно, что для каждой конкретной ЭСУ этапы операторской деятельности имеют различный «вес» — важность с точки зрения цели функционирования ЭСУ. Это позволяет дифференцировать ПВК по степени важности с точки зрения цели функционирования ЭСУ. В связи с этим, предложен методический подход к оценке интегрального показателя профпригодности в классе иерархических систем на основе метода анализа иерархий, заключающегося в выборе 12 наиболее значимых для данного вида операторской деятельности ПВК и разбиении их на 3 группы [3]. Каждая из групп также характеризуется своим набором из четырех ПВК со своими весовыми коэффициентами.

Такой подход позволяет связывать локальные измеренные значения психофизиологических параметров с оценкой ПВК и получать количественную оценку соответствия операторских качеств цели функционирования ЭСУ, что является решением сформулированной выше задачи профориентации.

Для решения задачи реабилитации (формирования программ профессиональной подготовки) необходимо для каждого примитива концептуальной модели (ПVK) сформировать набор действий, приводящий к повышению его значения с учетом важности данного ПВК для целей ЭСУ. Кроме того, важность ПВК определяет набор психофизиологических тестов для оценки значения ПВК оператора ЭСУ.

Для каждого ПВК существуют методики его развития. В настоящее время нет единых оценок эффективности данных методик. Поэтому представляется целесообразным применение экспертных методов для решения задачи покрытия примитивов концептуальной модели элементарными действиями — методиками развития ПВК.

Таким образом, разработана информационная технология поддержки синтеза сценариев профессиональной ориентации и реабилитации операторов ЭСУ на основе интеграции коллективных экспертных знаний в виде древовидной концептуальной модели. Для создания концептуальной модели применен функционально-целевой подход. Данный метод разработан для задачи интеграции коллективных экспертных знаний с целью синтеза сценариев профессиональной ориентации и реабилитации операторов ЭСУ.

Существенным ограничением применения функционально-целевого подхода является необходимость разделения системы на независимые составляющие в процессе декомпозиции, а также обеспечение древовидности концептуальной модели. Любая система обладает эмерджентностью и не допускает выделение независимых частей. На практике существуют

задачи, где для достижения конкретных целей можно пренебречь этим фундаментальным свойством систем. Применение функционально-целевого подхода для разработки сценариев профессиональной ориентации и реабилитации операторов ЭСУ является целесообразным. В работе [3] показано, что профессиональную квалификацию оператора ЭСУ можно разделить с точки зрения уровня квалификации на относительно независимые ПВК.

Проблема синтеза рациональных сценариев профессиональной ориентации и реабилитации операторов ЭСУ наиболее эффективно решается путем разработки концептуальной модели, которая способствует формализации и интеграции коллективных экспертных знаний. Синтез сценариев профессиональной ориентации и реабилитации на основе концептуальной модели обеспечивает адекватность синтезируемых сценариев концептуальной модели, которой является цель ЭСУ.

Результаты исследования получены при поддержке гранта № 25.1095.2017/4.6 «Интеллектуальная тренажерная система поддержки профессиональной ориентации и психофизиологической реабилитации лиц с ограниченными возможностями».

### Список литературы

1. Горохов А. В. *Технология синтеза имитационных моделей сложных систем* / А. В. Горохов // *Методы моделирования: труды Республиканского научного семинара Академии наук Республики Татарстан*. Казань: Наука, 2010. Вып. 4. С. 165–177.
2. Кузьмин И. А. *Распределенная обработка информации в научных исследованиях* / И. А. Кузьмин, В. А. Путилов, В. В. Фильчаков. Ленинград, 1991. 304 с.
3. Петухов И. В. *Система поддержки принятия решений при оценке профпригодности оператора эргатических систем: диссертация ... доктора технических наук* / И. В. Петухов. Казань, 2013. 411 с.
4. *Decision Support System for Assessment of Vocational Aptitude of Man-machine Systems Operators* / I. Petukhov [et al.] // *Proceedings IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS'16)*. Sofia, Bulgaria, 2016. P. 778–784.
5. Liu Y. *Queuing Network-Model Human Processor (QN-MHP): A Computational Architecture for Multitask Performance in Human-Machine Systems* / Y. Liu, R. Feyen, O. Tsimhoni // *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 2006. Vol. 13, № 1. P. 37–70.