

СИНТЕЗ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Введение

Проблема совершенствования операторской деятельности приобрела особую остроту в современных системах управления сложными технологическими процессами и системами. От ее решения зависит дальнейшее повышение эффективности как эксплуатируемых, так и вновь создаваемых подвижных объектов, производственно-технологических комплексов и гибких автоматизированных производств. Повышение роли операторов требует совершенствования методов и средств построения автоматизированных обучающих систем для подготовки их к профессиональной деятельности. Одним из ключевых вопросов в рамках этой проблемы является разработка эффективной системы контроля и оценки действий операторов в реальных условиях.

Многоуровневый системный подход к формированию иерархической структуры критериев контроля и оценки

Результаты многочисленных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок неоспоримо свидетельствуют, что отличительной особенностью обучающих систем, состоящих из многих подсистем, является осуществление взаимодействия иерархическим образом. Как известно, при рассмотрении подобных систем наиболее важную роль играют три основных аспекта:

- принятый уровень абстракции (степень агрегированности модели системы);
- уровень сложности принятия решений;
- уровень приоритета в системе, состоящей из многих подсистем.

В настоящее время уже с полной определенностью можно утверждать, что ни одна из существующих теорий обучающих систем не может претендовать на то, что единственно она дает адекватное описание процесса профессиональной подготовки и обучения. Скорее всего, имеется целый спектр теорий, в той или иной мере трактующих проблемы обучения. Это, прежде всего, обусловлено сложностью и большой степенью неопределенности процесса профессиональной подготовки, имеющегося множества аспектов, для исследования которых приходится привлекать знания из различных дисциплин.

Многоуровневый системный подход в теории обучения в первую очередь характеризуется представлением обучающей системы в виде взаимосвязанных подсистем, обладающих правом принимать решения и образующих строгую иерархию. Это в значительной мере позволяет решить следующие вопросы:

- установить особенности, характеризующие цели и задачи профессиональной подготовки;
- найти способы отображения функций, выполняемых системой на ее иерархическую структуру;
- определить методы и математические средства, применяемые для контроля, оценки и организации процесса обучения.

Среди всех тех непосредственных преимуществ, которые представляет применение теории многоуровневых систем к исследованию процесса обучения, можно указать, в первую очередь, следующие:

- создание единой основы для различных подходов посредством введения системы понятий и методов, что позволяет сравнить, противопоставить и взаимно дополнить различные теории;
- строго математическая формулировка как основных понятий, так и получаемых результатов;
- получение отправных точек для исследования различных аспектов и проблем анализа и проектирования обучающих систем с помощью математических методов и моделирования на ЭВМ.

Многоуровневый системный подход, базируясь на математических методах, прежде всего, связан с коммуникацией, управлением, координацией и так далее.

В автоматизированной системе обучения координирование подразделяется на две части: установление операционных правил, предписывающих законы функционирования для подсистем и практическая реализация этих законов в рамках функционирования всей системы. Первая из них, по сути, соответствует выбору подходящих критериев для оценки эффективности деятельности отдельных подсистем, или в общем смысле, выбору способов координирования при достижении тех или иных формализованных целей.

Следует отметить, что для подсистем контроля и оценки деятельности оператора в значительной степени характерно качественное определение и слабая формализация таких целей функционирования, как повышение эффективности процесса обучения, качества управления технологическим процессом или пространственным движением динамического объекта и так далее. Очевидно, что такое представление цели дает мало конструктивных рекомендаций, как для выработки стратегии ее достижения, так и для интерпретации полученных результатов.

Можно отметить следующие основные способы задания целей.

1. Цель может задаваться посредством перечня внешних требований, которым должен удовлетворять предполагаемый результат.
2. Цель может задаваться путем определения свойств и характеристик, которыми должен обладать предполагаемый результат. Свойства отличаются от требований тем, что относятся непосредственно к своему результату, в то время как требования выступают в качестве внешних условий, которым должны удовлетворять свойства.
3. Цель может быть задана в виде четко сформулированного по содержанию и по форме представления достигаемого результата.

Для многоуровневой системы характерна вполне определенная иерархия целей, формально описываемых соответствующими типами задач: глобальными и решаемыми подсистемами на том или ином уровне иерархии. Очевидно, что для успешной работы всей системы существенно, чтобы цели (задачи) ее подсистем были согласованы с глобальной целью. Совместимость целей формально вытекает из следующих положений:

- только нижестоящие решающие элементы многоуровневой системы являются подсистемами, находящимися в непосредственной связи со всем процессом;
- достижение глобальной цели может быть осуществлено только посредством нижестоящих решающих элементов;
- задачи, решаемые на каждом из таких уровней или расположенные на этом уровне решающие элементы, должны быть координируемы относительно решаемой глобальной задачи;
- вышестоящий решающий элемент, осуществляя координацию, воздействует на нижестоящие элементы, имея в виду свои собственные цели, то есть задачи, решаемые на уровне нижестоящих элементов, должны быть координируемы по отношению к задачам, решаемым вышестоящими элементами;
- глобальная задача, как правило, лежит вне сферы деятельности системы с той или иной иерархией, то есть ни один из решающих элементов внутри иерархии специально не обеспечен полномочиями решать глобальную задачу.

Таким образом, для совместимости решаемых задач, а тем самым и целей внутри многоуровневой системы, координация задач, решаемых нижестоящими элементами, относительно задачи вышестоящего элемента должна быть соответствующим образом связана с подлежащей решению глобальной задачей.

При разработке подсистемы автоматического контроля и оценки деятельности оператора в качестве глобальной цели следует, очевидно, считать получение некоторого объективного критерия, оценивающего весь процесс обучения на некотором наборе тестовых задач. Поскольку совокупность тестовых или учебных задач, как правило, строится на базе

параметрических моделей объекта управления, то формализация процесса оценки действий оператора, по сути дела, сводится к установлению отношений, связывающих параметры движения объекта управления со значениями обобщенного критерия. При этом обобщенный критерий позволяет дать количественное определение цели обучения, заданной на качественном уровне и указать на эффективные способы их достижения. Если же существует однозначная связь между целью процесса обучения и средствами ее достижения, то критерий оценки может быть задан в виде соответствующего аналитического выражения. В этом случае критерий, оценивающий эффективность процесса обучения, позволяет определить совокупность действий обучаемого, которые обеспечивают достижение заданной цели управления. Эта ситуация может иметь место исключительно для так называемых "простых" задач управления.

Естественно, что в сложных системах управления, где глобальная цель носит качественный характер, не представляется возможным определить ее в аналитической форме и единственной альтернативой является формирование многоуровневого критерия. Критерий такого вида при оценке процесса обучения операторов позволяет определить не только достижение цели управления на заданном наборе тестовых задач, но и контролировать входящие в него как частные режимы, так и отдельные переменные этих режимов.

Такое представление приводит к необходимости рассматривать векторный критерий эффективности обучения оператора:

$$F(\mathbf{x}) = \{f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_n(\mathbf{x})\}. \quad (1)$$

В этом случае каждый из частных критериев преследует достижение своей локальной цели, в результате, достижение реальной глобальной цели всегда будет каким-то компромиссом, каким-то сочетанием требуемых качеств, причем заранее неизвестных. В этом и заключается основная проблема многокритериальности (неопределенности целей).

Существует целый ряд способов преодоления неопределенности целей, которая в данном случае заключается в выборе дополнительных гипотез, обеспечивающих минимальное значение функций $f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_n(\mathbf{x})$ одновременно [1]. Чаще всего такие многокритериальные задачи либо преобразуются к задачам с одним критерием, для которых существуют методы решения, либо из анализа исключаются те варианты решения, которые заведомо плохи.

Второй подход заключается в том, что в качестве решения следует выбирать только тот вектор \mathbf{x} , который принадлежит множеству Парето. Следует отметить, что принцип Парето не выделяет единственного решения, он только сужает множество альтернатив. Окончательным выбор остается за лицом, принимающим решение.

В этом случае более приемлемым оказывается первый подход, когда вместо n частных критериев $f_i(\mathbf{x})$ рассматривается лишь один обобщенный критерий вида:

$$F(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \lambda_i f_i(\mathbf{x}), \quad (2)$$

где λ_i — некоторые положительные числа, тем или иным способом нормированные (например, $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$).

Такой способ свертки вводит, по существу, отношение эквивалентности различных целевых функций $f_i(\mathbf{x})$, так как величины λ_i , показывая, насколько изменяется целевая функция $F(\mathbf{x})$ при изменении критерия $f_i(\mathbf{x})$ на единицу:

$$\lambda_i = \frac{\partial F(\mathbf{x})}{\partial f_i} \quad (3)$$

Коэффициенты λ_i являются результатом экспертизы и отражают представление оперирующей стороны о содержании компромисса, который она вынуждена принять. Таким образом, содержание компромисса состоит в ранжировании целей, которые вместе с назначением весовых коэффициентов и является той дополнительной гипотезой, позволяющей свести задачу со многими критериями к задаче с единственным критерием.

Очевидно, что количественный результат, полученный согласно указанному выше способу, должен определенным образом отражать качественную сторону процесса обучения оператора, то есть удовлетворять исходной глобальной цели. Это может быть достигнуто, в частности, введением шкалы эффективности, отражающей соответствие шкалы количественного результата принятой шкале балльной оценки действий оператора.

Формирование критериев контроля и оценки качества управления по параметрам технологических процессов и подвижных объектов

При рассмотрении вопросов формирования критериев различного уровня для иерархической системы оценивания действий оператора учитывается следующее. Нижним уровнем иерархии являются критерии оценки качества управления объектом по переменным (параметрам) движения; средним уровнем — критерий оценки качества выполнения того или иного режима движения на основе ранее сформированных оценок по параметрам движения; верхним уровнем иерархии будет выступать комплексный критерий, оценивающий действия оператора на заданной совокупности режимов.

Формализация и оценка деятельности операторов при работе в нестандартных ситуациях

Возникновение нестандартных (в том числе и аварийных) ситуаций может быть обусловлено неисправностью технических средств, неблаго-

приятными внешними воздействиями или ошибочными действиями операторов.

Анализируя последствия появления неисправности технических средств относительно процесса их устранения можно выделить следующие виды деятельности операторов:

- выполнение задачи прекращается, так как оператор не в состоянии воздействовать на систему с целью ликвидации данной ситуации;
- выполнение задачи продолжается, так как неисправность технических средств компенсируется органами управления оператора;
- выполнение задачи продолжается, так как неисправность технических средств устраняется оператором.

Влияние неблагоприятных внешних воздействий компенсируется только органами управления оператора.

Ошибочные действия оператора могут возникнуть в зависимости от объема текущей информации и степени освоения действий и подразделяются на четыре класса, характеризующихся:

- недостаточностью информации и, как следствие, отсутствием опыта поведения в подобных условиях;
- недостаточной подготовленностью оператора, приводящей к тому, что, совершая те или иные действия, он ожидает один результат, а встречается с противоположным эффектом;
- дефицитом времени и информации;
- неправильной оценкой противоречивых сигналов.

С точки зрения обучения нештатные ситуации, которые могут возникнуть в процессе выполнения оператором учебной задачи, можно разделить на расчетные и нерасчетные.

Расчетными считаются ситуации, которые могут быть проанализированы заранее и введены в произвольный момент инструктором в учебную задачу.

Нерасчетные ситуации – это ситуации, введенные инструктором произвольным образом или возникшие из-за ошибочных действий оператора, когда последний действует самостоятельно, и которые после анализа могут быть переведены в расчетные.

Процесс анализа нештатных ситуаций и формализованное описание расчетных нештатных ситуаций является весьма трудоемким. Он требует глубокого анализа условий и принципов работы реального объекта, моделирования исследуемых ситуаций и возможных путей выхода из них для отработки эффективных действий операторов в реальных условиях.

Опыт показывает [2], чем большее число расчетных нештатных ситуаций отработано в процессе подготовки, тем надежнее действует оператор во время выполнения своих функций. Однако, к сожалению, нельзя включить все множество нештатных ситуаций в расчетные.

Рассматривая в дальнейшем только расчетные нештатные ситуации, следует отметить, что особенность деятельности оператора в таких ситуациях определяет и особенность его контроля и оценки.

Оценка действий операторов при работе в нештатных ситуациях

При обработке оператором возникшей нештатной ситуации перед ним возникают три уровня решения проблем.

1. Верхний уровень (J) — идентификация типа нештатной ситуации. На этом уровне можно выделить две ситуации:

J^+ — информации достаточно, чтобы определить тип нештатной ситуации. В этой ситуации в принятой шкале оценок критерия контроля и оценки действий оператора J^+ имеет лишь два значения 1 и 0.

J^- — информации недостаточно и для определения типа нештатной ситуации необходимо произвести ряд действий.

При этом будем считать

$$J^+ = \begin{cases} 0, & \text{правильно идентифицирован тип нештатной ситуации,} \\ 1, & \text{неправильно идентифицирован тип нештатной ситуации.} \end{cases}$$

В ситуации J^- оператору для определения нештатной ситуации необходимо произвести ряд дополнительных действий, которые относительно синтезированного для данной ситуации эталона могут быть оценены критерием среднего уровня, приведенным ранее.

В принятой шкале оценок значение этого критерия $J_{ИД}^-$ лежит в диапазоне $0 \div 1$, причем 0 — в данном случае соответствует наивысшей оценке, 1 — низшей. После получения необходимой информации процесс идентификации может быть оценен критерием $J_{ИД}^+$.

Необходимо отметить, что оператор в ситуации J^+ может ошибочно производить некоторые излишние действия, которые должны сопровождаться соответствующим снижением оценки, равно как и в ситуации J^- он может даже при недостаточной информации сразу определить тип нештатной ситуации.

Таким образом, в качестве критерия контроля и оценки для указанных ситуаций, наиболее подходящей оказывается мультипликативная форма вида:

$$J = J^+ \cup J^- = (1 - J^-)J^+. \quad (4)$$

2. Средний уровень (R) — выбор алгоритма деятельности оператора по выходу из конкретной нештатной ситуации.

Здесь можно выделить следующие две ситуации:

R^+ — существует единственный алгоритм выхода из возникшей нештатной ситуации;

R^- — существует несколько альтернативных алгоритмов выхода из возникшей нештатной ситуации.

В ситуации R^+ критерий оценки r^+ принимает только два значения 1 или 0:

$$r^+ = \begin{cases} 0, & \text{алгоритм работы выбран правильно,} \\ 1, & \text{алгоритм работы выбран неправильно.} \end{cases}$$

В ситуации R^- критерием оценки правильности выбора алгоритма выхода из возникшей нештатной ситуации может служить коэффициент предпочтительности r_j^- , который для некоторого возможного j -го алгоритма принимает значение, лежащее в диапазоне $0 \div 1$. Естественно, наиболее предпочтительным алгоритмом является алгоритм, для которого $r_j^- = 1$.

3. Нижний уровень (I) — оценка значимости параметров в выбранном алгоритме выхода из возникшей ситуации. На этом уровне также возможны две ситуации:

I^+ — параметры имеют разные коэффициенты важности;

I^- — параметры равноценны.

В ситуации I^+ при принятой ранее в работе оценки по i -му параметру I_i общая оценка I_0^+ будет иметь вид:

$$I_0^+ = \sum_{i=1}^n \lambda_i I_i, \quad (5)$$

где λ_i — коэффициент важности i -го параметра, причем $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$.

В ситуации I^- , когда все параметры равноценны, общая оценка I_0^- представляет собой средневзвешенную сумму оценок $I_i (i = 1, n)$:

$$I_0^- = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i. \quad (6)$$

Таким образом, для каждой расчетной нештатной ситуации возможны следующие восемь вариантов, обусловленных комбинациями приведенных выше трех уровней.

1. $J^+ R^+ I^+$ — при достаточной информации для идентификации типа нештатной ситуации существует единственный алгоритм по выходу из нее, причем управляемые в ней параметры имеют различные коэффициенты важности.

2. $J^+ R^- I^+$ — при достаточной информации для идентификации типа нештатной ситуации существует альтернатива по выбору алгоритмов выхода из нее, причем в каждом из них параметры имеют различные коэффициенты важности.

3. $J^+ R^+ I^-$ — при достаточной информации для идентификации типа нештатной ситуации существует единственный алгоритм выхода из нее, в котором все параметры имеют одинаковый вес.

4. $J^+ R^- I^-$ — при достаточной информации для идентификации типа нештатной ситуации существует альтернатива по выбору алгоритмов выхода из нее, причем в каждом из них параметры имеют одинаковый вес.

5. $J^- R^+ I^+$ — для определения типа нештатной ситуации требуется дополнительная информация, при этом существует единственный алгоритм выхода из нештатной ситуации, параметры в котором имеют различные коэффициенты важности.

6. $J^- R^- I^+$ — для определения типа нештатной ситуации требуется дополнительная информация, при этом существует альтернатива по выбору алгоритмов выхода из нее, причем в каждом из них параметры имеют различные коэффициенты важности,

7. $J^- R^+ I^-$ — для определения типа нештатной ситуации требуется дополнительная информация, при этом существует единственный алгоритм (все параметры равноценны) выхода из нее.

8. $J^- R^- I^-$ — для определения типа нештатной ситуации требуется дополнительная информация, при этом существует альтернатива по выбору алгоритмов выхода из нее, причем в каждом из них параметры равноценны.

Соответственно этим восьми вариантам формируется соответствующая мультипликативная форма критерия контроля и оценки деятельности оператора в нештатной ситуации. Так, например, для m -ой нештатной ситуации вида $J^- R^- I^-$ критерий оценки будет иметь следующий вид:

$$Q_{J^- R^- I^-} = (1 - J_m^-) J_m^+ r_{jm} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_j} I_{ijm}, j = \overline{1, k}; i = \overline{1, n_j}; m = \overline{1, N}, \quad (7)$$

где n_j — число управляемых (контролируемых) параметров в j -м алгоритме выхода; k — число альтернативных алгоритмов выхода в m -й нештатной ситуации; m — номер нештатной ситуации.

Построенная указанным способом система критериев полностью вписывается в разработанную иерархическую систему критериев контроля и оценки деятельности операторов и отвечает всем требованиям.

Заключение

Разработанные в рамках предложенного системного подхода методы контроля и оценки деятельности операторов в эргатических системах являются, прежде всего. Эффективным практическим инструментарием для построения автоматизированных обучающих систем, четко регламентированных и алгоритмизированных эргатических систем с элементами принятия решений.

Литература

1. Стенин А.А. Автоматизированные обучающие системы (анализ и синтез). — Луганск: Из-во ВУГУ, 2000. — 109 с.
2. Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов ЛА/под. Ред.Шукшунова В.Е. — М.:Машиностроение, 1986. — 240 с.

Получено 14.11.2007