Математическое моделирование и идентификация ситуаций в ИнИС

Mathematic modeling and identification of situations in intelligent measuring tools

Ключевые слова: математическое моделирование – mathematical modeling; идентификация ситуаций – identification of situations; моделирование ситуаций – situation modeling.

Предложена модель измерительной ситуации, обслуживаемой измерительным автоматом, и процедура ее идентификации. Даны иллюстративные примеры.

A model of the measuring situation, serviced measuring machine and the procedure for its identification. Illustrative examples are given.

МАЙОРОВА / MAYOROVA E.
Екатерина Витальевна
(meb@newmail.ru)
аспирант Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

Большинство наук, которые используют математический аппарат, по сути, занимаются математическим моделированием: заменяют реальный объект его математической моделью и затем изучают последнюю. Дано достаточно различных определений моделям и моделированию, например – Севастьянов А.Г. дает такое определение: «математической моделью называется совокупность математических соотношений, уравнений, неравенств и т.п., описывающих основные закономерности, присущие изучаемому процессу, объекту или системе» [1]. Самарский А.А. и Михайлов А.П. определяют математическую модель как «„эквивалент“ объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям и т.д.» [2], т.е. можно сказать, что математическое моделирование – это процесс исследования реальной системы, включающий построение модели, изучение ее свойств, а модель – это некоторый абстрактный объект, находящийся в соответствии с исследуемым объектом, который может замещать исследуемый объект при его изучении и несет в себе информацию о нем. Математические модели используются при выполнении расчетов на аналитической основе и машинном моделировании.

1. Расчеты на аналитической основе. Здесь реальный объект описывается некоторым набором математических символов и выражений. Математические модели наиболее удобны для исследований и анализа, они позволяют не только получить решение для конкретного случая, но и определить влияние параметров системы на результат решения.

2. Имитационное моделирование. В данном виде моделирования происходит воспроизведение алгоритма функционирования сложных объектов во времени, а также воспроизводится поведение объекта. Имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания. Таким образом, можно сказать, что имитационное моделирование – это искусственный эксперимент, при котором вместо проведения испытаний с реальным объектом проводятся опыты на математических моделях.

В настоящее время более широкое применение находят многофункциональные измерительные автоматы, решающие задачу алгоритмической адаптации (метрологический синтез алгоритма измерений) с соответствующей самоорганизацией (физической реализацией необходимой измерительной цепи). Одной из наиболее важных задач при функционировании подобных систем является идентификация ситуации, т.е. восприятие, «понимание» измерительным автоматом реальной ситуации, для обслуживания которой к ней обращается пользователь. Эта задача решается посредством конкретизации характеристик типовых моделей ситуации, представляющей собой соответствующий кортеж. Идентификация осущест-

вляется на основе поступающих извне данных (род измерительной величины, характеристики входного воздействия и т.д.) специальной системой вывода, входящей в состав интеллектуального интерфейса.

В данной статье мы рассмотрим моделирование ситуаций $ММ_{сит}$ на основе вышеприведенного подхода. Модели ситуаций входят в состав априорных знаний (АЗ), включаемых в базу измерительных знаний (БИЗ). Модели ситуаций можно представить в следующем виде:

$ММ_{сит} = (\lambda = F(\gamma), ММ\gamma, ММ\,y, \{Ps\}\, s = 1^{Sp})$;

λ – измеряемая величина;

γ – входное воздействие;

$ММ\gamma$ – математическая модель входного воздействия;

$ММ\,y$ – математическая модель условий измерений;

$\{Ps\}\, s = 1^{Sp}$ – требования и ограничения.

Пример: измерение напряжения U(t). $U(t) \in [U_{min}, U_{max}]$, помеха n, модель условий измерения нормальная, My: $U(t) = U \vee U + n(t)$.

Приходим к следующим типовым ситуациям:

1. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}]$, $n = 0 \rightarrow LU_j = R_{ац}\, U_j \rightarrow ММ_{сит1}$.

2. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \notin [U_{н1}, U_{н2}]$, $n = 0 \rightarrow LU_j = R\text{-}1\, R_{ац}R_{в}U_j \rightarrow ММ_{сит2}$.

3. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}]$, $n \rightarrow LU_j = R\Sigma R_{ац}U_j \vee R_{ац}U_j \rightarrow ММ_{сит3}$.

4. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \notin [U_{н1}, U_{н2}]$, $n \rightarrow LU_j = R\Sigma R_{вн}\text{-}1R_{ац}R_{в}U_j \vee R_{вн}\text{-}1R_{ац}R_{в}U_j \rightarrow ММ_{сит4}$.

В качестве идентификационных признаков выступает область возможных значений $U \in [U_{min}, U_{max}]$ и наличие (отсутствие) помехи n ($n = 0 \vee n \neq 0$). $[U_{min}, U_{max}]$ сопоставляется с динамическим диапазоном, используемым для фиксирования АЦП $[U_{н1}, U_{н2}]$. При $[U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}]$ ситуация не требует применения идентификации входного воздействия U(t). При $[U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}]$ – требуют. Соответственно, при $n = 0$ подавление аддитивной помехи не требуется, а при $n \neq 0$ – требуется. Таким образом, изменение ситуации приводит к изменению алгоритма измерений U, следовательно – к изменениям состава измерительной цепи.

Процедура идентификации представляется следующей последовательностью отображений:

$U \in [U_{min}, U_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит1}$,

$U \notin [U_{min}, U_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит2}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}]$, $n \rightarrow ММ_{сит3}$,

$U \notin [U_{min}, U_{max}]$, $n \rightarrow ММ_{сит4}$,

т.е. $([U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}] \wedge n = 0) \rightarrow ММ_{сит1} \vee ([U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}] \wedge n = 0) \rightarrow ММ_{сит2} \vee ([U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}] \wedge n \neq 0) \rightarrow ММ_{сит3} \vee ([U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}] \wedge n \neq 0) \rightarrow ММ_{сит4}$.

Обобщающая модель ситуации в данном случае имеет следующий вид:

$ММ_{сит} = (\lambda = \gamma = U,\ U \in [U_{min}, U_{max}] \vee U \in [U_{min}, U_{max}],\ n = 0 \vee n \neq 0)$.

В качестве требований в данном случае выступает использование унифицированных АЦП и использование подавления помехи при $n \neq 0$, таким образом, идентификация ситуаций происходит по идентификационным признакам. Для различных задач их может быть разное количество, например – у указанного выше примера два идентификационных признака (попадание или нет в динамический диапазон и наличие или отсутствие помехи). Система проанализирует полученный сигнал по идентификационным признакам и будет использовать ту или иную модель ситуации. В примере мы видим все необходимые данные для решения поставленной задачи. Здесь показаны модели условий измерения и входного воздействия.

В общем случае идентификация ситуации использует следующее представление обобщенной ММсит:

$ММ_{сит} = (\{\varphi_i\}_i = 1^I, \{\{\Phi_{is}\}_s = 1^{Si}\}_i = 1^I)$,

$\{\varphi_i\}_i = 1^I$ – совокупность идентификационных признаков;

$\{\Phi_{is}\}_s = 1^{Si}$ – возможные модификации i-го признака.

Общее число возможных типовых ситуаций равно:

$S_{сит} = \Pi^I_{i\,=\,1}{}^{Si}$.

Процедура идентификации ситуации сводится к установлению типовой ситуации, соответствующей данному сочетанию модификаций признаков:

$\{\varphi_i{}^*\}_i = 1^I \rightarrow M_{ситI}$.

В рассмотренном примере модель обобщенных ситуаций охватывает четыре конкретных ситуации.

Если рассмотренный пример расширить, добавив измерение температуры T ($T \in [T_{min}, T_{max}]$), механическое напряжение ρ ($\rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$), то полагая формирование унифицированного сигнала обеспеченным с помощью соответствующих датчиков и нормализаторов, придем к увеличению числа конкретных ситуаций. Получим 22 конкретные ситуации. Именно:

U: $U \in [U_{min}, U_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит1}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит2}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}]$, $n \neq 0 \rightarrow ММ_{сит3}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}]$, $n \neq 0 \rightarrow ММ_{сит4}$,

T: $T \in [T_{min}, T_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит5}$,

$T \in [T_{min}, T_{max}]$, $n \neq 0 \rightarrow ММ_{сит6}$,

ρ: $\rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит7}$,

$\rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$, $n \neq 0 \rightarrow ММ_{сит8}$,

U, T: $U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], n = 0 \rightarrow ММ_{сит9}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}]$, $T \in [T_{min}, T_{max}]$, $n = 0 \rightarrow ММ_{сит10}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит11}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит12}$,

U, ρ: $U \in [U_{min}, U_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n = 0 \rightarrow MM_{сит13}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n = 0 \rightarrow MM_{сит14}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит15}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит16}$,

T, ρ: $T \in [T_{min}, T_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n = 0 \rightarrow MM_{сит17}$,

$T \in [T_{min}, T_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит18}$,

U, T, ρ: $U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n = 0 \rightarrow MM_{сит19}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n = 0 \rightarrow MM_{сит20}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит21}$,

$U \in [U_{min}, U_{max}], T \in [T_{min}, T_{max}], \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}], n \neq 0 \rightarrow MM_{сит22}$.

Литература

1. *Севастьянов А.Г.* Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

2. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001.

3. *Цветков Э.И.* Основы математической метрологии. – СПб.: Политехника, 2005.

4. *Цветков Э.И.* Основы математической метрологии. – Т. 2. – Ч. 1. – СПб., 2007.