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, 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.V.
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 моделей и моделирования, 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]. В отличие от него, 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]. Таким образом, можно сказать, что математическое моделирование – это процесс исследования реальной системы, включающий построение модели, изучение ее свойств, а модель – это некоторый абстрактный объект, который находится 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 при 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 и поведения 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 все 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 осуществляется 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 ММсит на основе вышеприведенного подхода. Модели ситуаций включаются в состав априорных знаний (АЗ), входящих в базу измерительных знаний (БИЗ). Модели ситуаций можно представить в следующем виде:

$MM_{сит} = (\lambda = F(\gamma), MM_{\gamma}, MM_{y}, \{P_s\}_{s} = 1^{Sp})$;

λ – измеряемая величина;

γ – входное воздействие;

MM_{γ} – математическая модель входного воздействия;

MM_{y} – математическая модель условий измерений;

$\{P_s\}_{s} = 1^{Sp}$ – требования и ограничения.

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

Приходим к следующим типовым ситуациям:

1. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}]$, $n = 0 \longrightarrow LU_j = R_{ац} U_j \longrightarrow MM_{сит1}$.
2. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \notin [U_{н1}, U_{н2}]$, $n = 0 \longrightarrow LU_j = R_{вн}^{-1} R_{ац} R_{в} U_j \longrightarrow MM_{сит2}$.
3. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \in [U_{н1}, U_{н2}]$, $n \longrightarrow LU_j = R_{\Sigma} R_{ац} U_j \vee R_{ац} U_j \longrightarrow M_{Mсит3}$.
4. $\lambda = \gamma$, $[U_{min}, U_{max}] \notin [U_{н1}, U_{н2}]$, $n \rightarrow LU_j = R_{\Sigma} R_{вн}^{-1} R_{ац} R_{в} U_j \vee R_{вн}^{-1} R_{ац} R_{в} U_j \rightarrow MM_{сит4}$.

В качестве идентификационных признаков выступают область возможных значений $U \in [U_{min}, U_{max}]$ и наличие (отсутствие) помехи n ($n = 0 \vee n \neq \neq 0$). $[U_{min}, U_{max}]$ 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 $[U_{min}, U_{max}] \notin [U_{н1}, U_{н2}]$ – требует. 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:

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

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

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

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

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

Обобщающая модель ситуации в данном случае имеет следующий вид:

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

В качестве требований в данном случае выступает использование унифицированных АЦП и подавление помехи при $n \neq 0$. Таким образом, идентификация ситуаций происходит по идентификационным признакам. Для различных задач их может быть разное количество, например – у приведенного 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 входного воздействия.

В общем случае идентификация ситуации использует следующее представление обобщенной $MM_{сит}$:

$$MM_{сит} = (\{\varphi_i\}_{i=1}{}^{I}, \{\{\Phi_{is}\}_{s=1}{}^{Si}\}_{i=1}{}^{I}),$$

где $\{\varphi_i\}_{i=1}{}^{I}$ – совокупность идентификационных признаков; $\{\Phi_{is}\}_{s=1}{}^{Si}$ – возможные модификации i-го признака.

Общее число возможных типовых ситуаций равно:

$$S\text{сит} = \prod_{i=1}^{I} Si.$$

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

$$\{\varphi_i^*\}_{i=1}{}^{I} \rightarrow M_{ситl}.$$

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 p ($p \in [p_{min}, p_{max}]$), то полагая формирование унифицированного сигнала обеспеченным с помощью соответствующих датчиков и нормализаторов придем к увеличению числа конкретных ситуаций и получим 22 конкретные ситуации:

$$U:\ U \in [U_{min}, U_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит1};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит2};$$
$$U \in [U_{min}, U_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит3};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит4}.$$
$$T:\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит5};$$
$$T \in [T_{min}, T_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит6}.$$
$$\rho:\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит7};$$
$$\rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит8}.$$
$$U, T:\ U \in [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит9};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит10};$$
$$U \in [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит11};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит12}.$$
$$U, \rho:\ U \in [U_{min}, U_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит13};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит14};$$
$$U \in [U_{min}, U_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит15};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит16}.$$
$$T, \rho:\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит17};$$
$$T \in [T_{min}, T_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит18}.$$
$$U, T, \rho:\ U \in [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит19};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n = 0 \rightarrow MM_{сит20};$$
$$U \in [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит21};$$
$$U \notin [U_{min}, U_{max}],\ T \in [T_{min}, T_{max}],\ \rho \in [\rho_{min}, \rho_{max}],\ n \neq 0 \rightarrow MM_{сит22}.$$

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. – 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.