

РАСШИРЕНИЕ МОДЕЛИ ГАРАНТИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

В случае, когда математическая модель не связана непосредственно с физическими или другими естественными процессами, которые она описывает, то проблема интерпретации самой модели и процесса ее функционирования состоит из следующих компонент:

- интерпретации элементов математической модели в предметной области решаемой задачи,
- интерпретации способов изменения параметров компонент, которые изменяются в процессе ее функционирования, при этом, законы их изменения или алгоритмы их изменения не имеют непосредственной интерпретации в процесса их измерений в предметной области,
- интерпретация элементов модели в форме их естественного представления для пользователя с расширением характеристик компонент, которые не представлены в рамках формального описания модели.

Первая компонента интерпретации является типичной для произвольных математических моделей, которые предполагают определенный уровень абстрагирования моделируемой действительности, которая обусловлена уровнем формализации описания. В рассматриваемом случае, такая интерпретация состоит в приписывании элементам структуры модели параметров и их значений заимствованных из предметной области объектов моделирования. При использовании эволюционных моделей, которые основываются на использовании генетических алгоритмов, такая интерпретация состоит в отождествлении элементов моделей с параметрами объекта. Например, хромосома интерпретируется, как описание отдельного продукта, который производится на предприятии.

Вторая задача интерпретации является наиболее характерной, при использовании генетических алгоритмов, для моделирования объектов, физическая природа которых отлична от биологических процессов, которые являются той средой, из которой соответствующие алгоритмы заимствованы. Эта задача интерпретации не рассматривается в полной мере, которая предполагает интерпретацию каждого элемента преобразований в предметной области моделируемого объекта. В случае генетических алгоритмов, интерпретировать базовые операции скрещивания в предметной области интерпретации процесса управления производством достаточно сложно. Поскольку, процесс интерпретации играет существенную роль в обосновании выбора типа модели и адекватности ее функционирования реальным процессам, то аспекты обоснования перекладываются на

обслуживающие функции, которые определяют все параметры характеризующие базовые операции преобразований. Например, преобразование скрещивания характеризуется способом выбора двух хромосом, которые предполагается использовать для скрещивания, характеризуется методом выбора места разделения хромосомы на части, которыми предполагается обмениваться соответствующим хромосомам. Аналогичная ситуация имеет место и по отношению к другим базовым преобразованиям генетических алгоритмов. В этом случае, обслуживающие функции в наибольшей мере отображают интерпретацию предметной области моделируемого объекта. Например, выбор хромосом для скрещивания, может означать выбор наиболее приемлимого изделия для последующего производства на основе использования параметров анализируемых изделий, которые в соответствии с принятыми критериями, являются наиболее перспективными для производства.

Третья задача интерпретации в наибольшей мере соответствует идеологии информационной технологии. Одним из ключевых аспектов или факторов, которые определяют информационную технологию, как таковую, являются следующие:

- формирование описаний интерпретации компонент математических моделей в форме, которая является наиболее приемлимой для пользователя, поскольку предполагается, что большинство систем ориентировано на участие в соответствующих процессах функционирования моделируемого объекта, человека, который заинтересован в прогрессивном развитии соответствующего процесса функционирования,
- расширение описаний компонент модели и всех участников описания модели параметрами или характеристиками, которые по своей природе не поддаются формальному представлению или описанию, но являются важными факторами определяющими природу процесса функционирования моделируемого объекта,
- интерпретационные описания, по отношению к законам грамматики естественных языков, тоже могут быть формализованными, что позволяет интерпретационные описания использовать не только для отображения элементов модели на естественных языках, но и осуществлять формальные преобразования соответствующих описаний, что существенно расширяет аналитические возможности самой информационной технологии и, таким образом, придает ей собственные возможности в осуществлении анализа моделируемых объектов и процессов.

Первый тип интерпретации чаще всего используется для реализации диалога между пользователем и системой, если в рамках проекта не предполагается создавать специальную информационную технологию. В этом случае, в рамках системы содержатся отдельные описания, которые представляют собой отдельные предложения или фразы, связанные с

определенными компонентами на постоянной основе. При этом, модификация таких описаний, если этого требуют функциональные факторы работающей системы, осуществляется путем их замены на новые текстовые описания, которые тоже жестко связаны с описываемой компонентой. Важным недостатком такого способа организации описаний интерпретации компонент является то, что в случае автоматического изменения тех или иных особенностей интерпретируемой компоненты, соответствующие интерпретационные описания автоматически не изменяются, что приводит к несоответствию между интерпретационным описанием и реальным состоянием соответствующей компоненты.

Второй тип интерпретации достаточно распространенный при построении моделей. Дело в том, что наиболее существенное расхождение модели и моделируемого объекта состоит в неточном отображении в модели процессов функционирования, которые происходят в предметной области объекта даже, если последняя представляет собой искусственный объект. Это обусловлено тем, что реальные процессы функционирования объекта, как правило, значительно сложнее их идеального описания, даже, если оно является основой проектирования соответствующего процесса или объекта.

Достаточно часто встречаются ситуации, в которых принципы функционирования математических моделей существенно отличаются от принципов функционирования реальных моделируемых процессов или не соответствуют этим принципам. Это встречается в тех случаях, когда модель функционирует в соответствии с правилами и законами математического аппарата и только результаты ее функционирования должны совпадать с результатами реального моделируемого процесса. Примерами таких моделей, когда существует только частичная связь между природой моделируемых процессов и закономерностями самой модели могут служить вероятностные модели описания процессов [1]. Примерами случаев, в которых закономерности функционирования модели совершенно не связаны с природой реальных процессов, которые моделируются, может служить использование генетических алгоритмов для моделирования процессов функционирования предприятия, что имеет место в рассматриваемом случае. Вторым примером могут служить модели решения задач коммивояжера [2] и ряд других задач. В этом случае, возникают задачи отображающие специфику средств моделирования, которая не связана с существом моделируемого процесса. Примером такой задачи может служить задача преждевременной сходимости моделирующего алгоритма, при использовании генетических алгоритмов [3]. В связи с этим рассмотрим следующее утверждение.

Утверждение 1. Если в структуре хромосомы hr_i ген ge_{ij} описывает некоторую величину, определенную некоторым диапазоном $[\alpha_i, \beta_i]$, то в результате выполнения генетических преобразований эффект преждевременной сходимости существенно уменьшается.

Преждевременное, существенное увеличение сходимости, при реализации генетических преобразований, возникает за счет существенного изменения, в данном случае увеличения диапазона представления переменных в рамках элементов генетической модели. Например, если гены, как отдельные элементы, наделяются минимальным возможным диапазоном, который определен на двоичном множестве $\{0,1\}$, то естественно ожидать, что на некотором этапе преобразований, они перестанут изменяться в связи с тем, что такой элемент модели, как хромосома, в связи с естественными процессами оптимизации, которые реализуются в $HC(G)$, будут модифицироваться в более узком диапазоне значений, который не включает генов, участвующих в формировании значений hr_i выходящих за данный диапазон значений $[\alpha_i^*, \beta_i^*]$. Очевидно, что $[\alpha_i, \beta_i] > [\alpha_i^*, \beta_i^*]$. Если ge_{ij} отображает P_i объекта a_i , который является продуктом производства и ge_{ij} перестает изменяться в процессе оптимизации соответствующего a_i , то такой P_i и, соответственно ge_{ij} , может исключаться из рассмотрения в рамках модели, для которой произошла модификация $[\alpha_i, \beta_i] \rightarrow [\alpha_i^*, \beta_i^*]$, как параметр, который потерял для a_i^* свою значимость. Поэтому, сходимость может возникнуть только в том случае, если используемые в hr_i гены ge_{ij} и, соответственно, параметры P_i переходят в следующие состояния:

- параметр P_i преобразуется в константу, которая больше не подлежит изменению исходя из природы соответствующего параметра и природы объекта моделирования и моделирования связанных с ним процессов функционирования,
- параметр P_i перестает быть существенным в описании моделируемого объекта в силу модификации последнего, что в случае товаров производства достаточно часто встречается.

Таким образом, уменьшение активности гена не приводит к преждевременной сходимости алгоритмов генетических преобразований.

Утверждение (1) предполагает возможность элиминации генов ge_{ij} из hr_i . Этот процесс может привести к разрушению базовой компоненты модели, которой является hr_i , что в предметной области интерпретации означает исчезновение соответствующего вида товара. Поскольку PO_i представляет собой некоторое семейство товаров, то исчезновение чрезмерного количества параметров, приведет к исчезновению определенного вида товара. Развитие такого процесса может привести к тому, что в результате реализации управляющих решений UR исчезнет ассортимент производимой продукции. Такая ситуация возможна, но резкое изменение ассортимента в любом производстве представляет собой

критическую ситуацию, которая считается недопустимой, поскольку, связана с большими затратами, которые, как правило, соизмеряются со стоимостью производства. Поскольку *SAR* ориентирована на реализацию контроля *PR* и необходимую их модификацию, которая *PR* преобразует в *UR*, то использование моделей *MER* и *MR* должно основываться на ряде критериев, которые формируются на основе использования более широкой интерпретации работы моделей, чем та, которую обеспечивает интерпретация отдельных компонент модели. Для осуществления более широкой интерпретации процессов функционирования *MER*, *MR*, а также *MEF*, необходимо использовать специальные информационные средства описания предметной области и определить правила их взаимодействия с математическими моделями *SAR*.

К таким информационным средствам относятся следующие компоненты, содержащие описание элементов предметной области производства и внешнего окружения, которое непосредственно связано с процессом функционирования предприятия:

- семантическая энциклопедия предметной области C_s ,
- правила формирования и преобразования в C_s информационных описаний *FPI*,
- семантические параметры, использование которых позволяет проводить количественный анализ информационных компонент, исходя из семантики соответствующего описания,
- система семантических критериев, использование которых позволяет расширить аналитические возможности средств анализа *PR*,
- информационные модели процессов функционирования производства,
- система правил, определяющих способы функционирования информационных моделей, при использовании различных семантических критериев.

Рассмотрим коротко основные информационные компоненты. Семантические энциклопедии представляют собой описания различных компонент предметной области решаемых задач в виде их сопоставления соответствующим текстовым представлениям. Формально, фрагмент такой энциклопедии можно представить в виде:

$$C_s : x_i = \psi_i(\xi_{i1}, \dots, \xi_{in}),$$

где ξ_{ij} - описание компоненты в форме приемлимой для пользователя, в качестве которых используются введенные символы языка. Естественно принять, что все описания формируются в виде, который определяется соответствующими правилами. В дальнейшем такие описания будем называть интерпретационными формами представления компонент x_i , которые будем обозначать в виде $\varphi(x_i, \eta_{ij})$, где η_{ij} параметры, которые характеризуют

особенности $\varphi(x_i)$. Эти параметры определяются путем постулирования тех или иных способов определения их значений. Поскольку $\varphi(x_i)$ представляет собой описание на языке, предназначенном для пользователя, то правила формирования $\varphi(x_i)$ основываются на использовании правил π_i грамматики Π , соответствующего языка. Система правил Π представляет собой схемы, которые используют специальные признаки отдельных компонент из предметной области. Поэтому, каждое правило π_i описывается грамматическими признаками η_{ij} , что записывается в виде $\pi_i = [\xi_{i1}(\eta_j), \dots, \xi_{ik}(\eta_m)]$. Кроме чисто грамматических признаков, используются также признаки продуктивных связей μ_i между отдельными ξ_{ij} и ξ_{kg} . Эти признаки отображают специфику предметной области соответствующих задач.

Система правил вывода описаний предназначена для формирования описаний $x_j = \psi_j(\xi_{j1}, \xi_{j2}, \dots, \xi_{jn})$ из соответствующих $\pi_{i1}[\varphi_i(x_j), \dots, \varphi_k(x_r)]$. В случае систем управления производством, специфика представлений о предметной области, обуславливает целесообразность введения следующих модификаций соответствующих логических соотношений:

- приоритетную модификацию λ ,
- событийную модификацию
- структурную модификацию в пространстве предметной области интерпретации решаемых задач.

Приоритетная модификация логических соотношений состоит в упорядочении процессов преобразования логических формул в соответствии с приписанными приоритетами переменных. Формально, пример такой модификации можно представить в виде следующего соотношения:

$$[(\lambda_i x_j \ \& \ \lambda_j x_k) \rightarrow x_g] \vee x_r,$$

где $\lambda_i x_j$ – означает, что переменная x_j , при вычислении формулы использует значение, которое она имела в ситуации, когда имело место событие, характеризующееся приоритетом λ_i . Необходимость введения приоритетного расширения логики функционирования соответствующего фрагмента процесса обусловлено тем, что при реализации UR , условия корректности такого управления определяются не только параметрами, которые необходимо изменять, но и приоритетами порядка их изменения.

Событийная модификация логических соотношений обусловлена следующим. Процесс функционирования описывается не только параметрами, от которых он зависит, но и совокупностью внешних факторов или факторов ближайшего окружения, которые не описываются параметрами процесса функционирования. Эти факторы представляются в формальных описаниях в виде некоторых состояний, которые по определению, не должны изменяться в течении процесса функционирования. Управляющее решение не может

активизировать такие факторы. Возможность изменения этих факторов может обуславливаться только определенной группой параметров процесса функционирования предприятия. Измененное состояние факторов окружения ε_i может влиять на протекание процесса функционирования. Формально, это можно описать следующим образом:

$$\varepsilon_i(x_i, x_k) \{ [(x_i \& x_j) \vee (x_k \rightarrow x_m)] \rightarrow x_c \}.$$

Исходя из приведенной записи, видно, что внешние факторы ε_i могут рассматриваться, как некоторые предикаты, аналогичные предикатам $\forall(x_i)$ и $\exists(x_i)$, но имеющие собственное семантическое значение. Это значение может определять условия выполнения соответствующего фрагмента логических формул, могут определять некоторые ограничения на соответствующие логические переменные. Простейшим примером $\varepsilon_i(x_i, x_j)$ может служить определение пороговых значений для интерпретации этих переменных.

Структурное расширение логических функций состоит в следующем. В такой предметной области, как управление функционированием предприятием, существуют взаимосвязи между отдельными параметрами, характер которых не изменяется независимо от любой ситуации, которая может возникнуть в процессе функционирования предприятия. Это означает, что отдельные параметры, а также отдельные атрибуты, которые могут представлять собой константы, находятся в постоянной связи определенного типа с другими компонентами предметной области. В большинстве случаев, такие взаимосвязи носят достаточно общий характер и описываются логическими функциями, независимо от математического аппарата используемого для решения всей задачи.

Система вывода интерпретационных описаний состоит из правил, которые описывают допустимые преобразования $\varphi(x_i)$. Поскольку $\varphi(x_i)$ представляет собой кодовые описания, то последние должны преобразовываться на основе грамматических правил, а также с использованием логических функций и, соответственно, логических функций преобразований. Рассмотрим базовые функции логических преобразований, которые расширены грамматическими правилами. Одной из базовых функций преобразований является функция «modus ponens», которую будем обозначать *mp* [4]. Известная форма записи этой функции выглядит следующим образом:

$$(A, A \rightarrow B) \rightarrow B.$$

Примером расширения правила *mp* может служить следующее расширение:

$$\{ [\varepsilon(x_i, x_j) A(x_i, x_k, \dots, x_j, \dots, x_m)] \& [A(x_i, x_v, \dots, x_j, \dots, x_m) \rightarrow B(x_i, x_j, \dots, x_n)] \} \Rightarrow \varepsilon(x_i, x_j) [B(x_i, x_j, \dots, x_n)] \}$$

Структурное расширение $\varepsilon_i(x_i, x_j)$ означает, что вывод формулы B возможен в рамках $\varepsilon_i(x_i, x_j)$, который представляет собой условный предикат и он распространяется в tr на $B(x_i, x_j, \dots, x_n)$.

В качестве формул вывода широко используются соотношения включения и исключения формул из их общего представления. Такие включения в математической логике бывают конъюнктивные и дизъюнктивные. Поскольку включению или исключению подлежат логические переменные, то необходимо рассмотреть связь таких преобразований с условными предикатами $\varepsilon_i(x_i, x_j)$. В случае исключения

$$[A \& x_i \& B \rightarrow A \& B] \vee [A \vee x_i \vee B \rightarrow A \vee B]$$

условный предикат может полностью или частично потерять область определения. Поэтому использование этих правил, которые будем обозначать $p(\vee)$ и $p(\&)$, не влияет на предикаты в процедурах вывода и, соответственно, в конечных формулах на корректность использования $\varepsilon_i(x_i, x_j)$. В случае, когда имеет место конъюнктивное или дизъюнктивное расширение, которые будем обозначать $PR(\&)$ и $PR(\vee)$, может возникнуть коллизия использования ε из E . Она будет состоять в том, что в результате вывода сформируется формула, содержащая переменные, которые не выполняют установленные требования одного из обусловленных предикатов. В связи с этим, рассмотрим следующее утверждение.

Утверждение 2. Расширение непротиворечивой системы вывода Ξ условными предикатами $\varepsilon_i(x_i, \dots, x_j)$ не приводит к противоречивости системы $\{\Xi, E\}$.

В качестве непротиворечивой выберем систему вывода Генцена [5]. Предикаты $\varepsilon_i(x_i, x_j) \in E$ имеют интерпретацию в предметной области W или имеет место $\psi(W)$ по определению. Можно записать следующее соотношение: $\forall \varepsilon_i(x_i, \dots, x_j) \Rightarrow \psi[\varepsilon_i(x_i, \dots, x_j)]$. Исходя из этого соотношения, можно записать следующее:

$$\forall \varepsilon_i(x_i, \dots, x_j) \Rightarrow \psi[\varepsilon_i(x_{ij}, \dots, x_{ik})] \Rightarrow \varepsilon_i[\psi(x_{ik}), \dots, \psi(x_{im})].$$

Поскольку x_{ij} является логической переменной в соответствующей L_i , то к правилам элиминации отдельных x_{ij} из L_i можно отнести:

$$[(x_i \& x_j) \rightarrow x_j] \vee [(x_i \& x_j) \rightarrow x_i].$$

Поэтому элиминация x_{ij} из $\varepsilon_i(x_i, \dots, x_j)$ не приведет к тому, что будет иметь место соотношение:

$$\psi[\varepsilon_i(x_{i1}, \dots, x_{in})] \Rightarrow \neg[\psi[\varepsilon_i(x_{i1}, \dots, x_{in})] / \psi(x_{ij})].$$

При использовании элиминации переменной для конъюнкции, при использовании преобразований $PR(\&)$ из Ξ с расширением E , не приведет к противоречивости в Ξ . Рассмотрим правила вывода, которые приводят к расширению L_i переменными x_{ij}^* . Эти правила представляют собой конъюнктивные и дизъюнктивные расширения и в рамках Ξ их можно определить в виде $(x_i \& x_j) \rightarrow (x_i \& x_j \& x_k)$ и, соответственно, правило для $PR(\vee)$ запишется в виде $(x_i \vee x_j) \rightarrow (x_i \vee x_j \vee x_k)$. Если расширение x_k введено в L_i и не входит ни в один $\varepsilon_i \in E$, то x_k является свободной переменной в W_i и расширение $\{\Xi, E\}$ не является противоречивым. Пусть $x_{ij}^* \in W_i$ вводится с помощью $PR(\vee)$ и имеет ограничение в одном из предикатов $\varepsilon_i \in E$. Тогда, дизъюнктивное присоединение x_{ij}^* к L_i^* на основе $PR(\vee)$ при условии, что в E содержится предикат $\varepsilon_i(\dots, x_{ij}^*, \dots)$ не приведет к противоречию, поскольку элемент $l_{ij} \in L_i$, который содержит $(x_{ik} \vee x_{ij}^*)$ не изменит значения L_i в случаях $[(x_{ij}^* = 1) \vee (x_{ij}^* = 0)]$ в силу классической интерпретации " \vee " и того факта, что расширение $L_i \rightarrow L_i^*$ осуществляется по средством локального присоединения x_{ij}^* . Это означает, что имеет место

$$PR(\vee)[L_i] \rightarrow L_i^*(\dots, (x_{ik} \vee x_{ij}^*), \dots).$$

Если осуществляется конъюнктивное расширение $PR(\&)[x_{ij}^*]$, то в E существует $\varepsilon_i(\dots, x_{ij}^*, \dots)$. По построению, все $\varepsilon_i \in E$ имеют интерпретацию в W_i . Следовательно, такое расширение не приведет к противоречию.

1. *Gajek L., Kaluszka M.* Wnioskowanie statystyczne. Modele i metode. Warszawa, WNT 2000.
2. *Sedgewick R.* Algorithms. Addison Wesley, Reading, MA., 1988.
3. *Stanley K.O., Miikkulainen R.* Continual Coevolution though Complexification. In Proceedings 2002 Genetic and Evolutionary Computations Conference, Morgan Kaufman, San Francisco, CA.
4. *Клини С.* Математическая логика. М.: Мир, 1973.
5. *Шенфилд Дж.* Математическая логика, М.: Мир, 1986.