

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ФОРМАЛЬНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ СВОЙСТВ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация: Сформулирована задача формирования эффективного сочетания методов по определенному критерию, рейтинговую оценку которых проводят эксперты. Рассмотрен ряд проблемных вопросов, связанных с автоматизацией процедур первичной обработки результатов экспертизы, а также предложен кластерный метод “нормальных” экспертов, который основан на метрике кластеризации экспертов.

Ключевые слова: гибкая производственная система, оценка качества, экспертные системы.

Введение

Одними из наиболее важных факторов, которые определяют эффективность и соответствие специфическим особенностям гибкой производственной системы (ГПС), являются: качество управления; дискретность производственных процессов; конвейерный характер материальных потоков; цикличность в последовательностях технологического функционирования, требующих синхронизации и координации событий и процессов, происходящих в системе.

Системы такого класса, их многозадачность в управлении, возможность использования ЭВМ на всех этапах синтеза/анализа, как отдельных подсистем, так и системы в целом, способствовало расширению концепции модульного построения систем и использование распределенного объектно-ориентированного подхода к программированию управляющих воздействий на систему в целом.

В [4] рассмотрен подход к решению такого типа задач, который позволил унифицировать проектные решения и установить набор формализмов описания структуры и свойств ГПС, а также определить порядок и взаимосвязь при их использовании.

Постановка задачи

В основном, методы формального отображения процессов функционирования системы и получения количественных решений – это набор математических моделей для решения определенного типа задач (например, получения количественных или качественных оценок).

Многие процессы тождественны, причем, процессы одного и того же класса задач возникают в различных объектах, а для описания набора свойств процессов функционирования ГПС используются общие подходы, математической модели для их описания и методы решения задач определенного класса. В настоящее время наибольшее распространение получили методы (например, теория автоматов, процессные алгебры,

марковские процессы, разностные уравнения и т.п.) формального отображения процессов функционирования систем. Результаты исследований и сравнений показали, что ни один из перечисленных методов не является достаточно универсальным для адекватного и полного отображения всего многообразия процессов протекающих в ГПС. Предложен вариант комплексного набора моделей и методов для более полного и точного описания общей модели функционирования ГПС. Для достижения максимально адекватного формального отображения свойств процессов функционирования системы необходимо сформировать оптимальное сочетание методов по определенному критерию из ограниченного набора допустимых альтернатив представленных в табл. 1.

Таблица 1.

Коэффициенты адекватности методов

		1	2	3	...	$k_{св}$ Синтаксическое описание
		Описание динамики процесса	Количественные характеристики	Качественные характеристики		
1	Теория автоматов	0,8	0,4 – 0,8	0,6 – 0,8		0,2
2	Теория графов	0,5	0,2	0,8		0,3
3	Сети Петри	0,9	0,3	0,7		0,3
	Временные СП	0,7	0,8	0,5 – 0,7		0,2
	Раскрашенные СП	0,7	0,6 – 0,8	0,4 – 0,7		0,1
4	Системы массового обслуживания	0,4	0,7	0,3		0,1
	Марковские процессы	0,3	0,5 – 0,8	0,5		0,1
	Теория очередей	0,2	0,4 – 0,7	0,3		0,1
5	Алгебры процессов	0,3	0,2	0,8		0,8
6	Диоидные (max, min+) алгебры	0,2	0,7	0,5 – 0,7		0,3
...						0,8
$n_{лт}$	Методы формальных спецификаций	0,6 – 0,9	0,4	0,4 – 0,8		0,4

Для оценки качества формального отображения свойств системы мо-

гут использоваться аддитивные критерии $F = \sum_{j=1}^n \lambda_j F_j$, в которых учитываются весовые коэффициенты λ_j частных критериев F_j , причем $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$. Рейтинговую оценку критериев (формализмов) проводят эксперты, которые оценивают каждый критерий определенным числом баллов исходя из их адекватности, полноты описания свойств и поставленной задачи. При проведении групповой экспертизы выбора формализмов для решения поставленной задачи необходимо решить ряд следующих подзадач:

- подбор экспертов;
- оптимизация работы экспертов при проведении экспертизы;
- обработка результатов (оценок) экспертов, которые были получены при проведении экспертизы.

Все три подзадачи ориентированы на решение проблемы уменьшения разброса оценок экспертов в ходе проведения групповой экспертизы [1]. Для решения подзадач воспользуемся методом кластеризации [2,3] данных об экспертах методами кластерного анализа.

Оценка компетентности экспертов

При решении задачи определения совокупности “нормальных” экспертов, воспользуемся геометрическим обоснованием расчета значений уровней компетентности экспертов. В качестве таких значений рационально выбрать величину, обратную расстоянию r от точки представления каждого из экспертов, к центру кластера “нормальных” экспертов в пространстве экспертных оценок. Кластер был предварительно рассчитан в соответствии с метрикой кластеризации экспертов.

Модель компетентности экспертов

Идентификация кластера “нормальных” экспертов требует некоторой опорной информации о характеристиках экспертов, которые включены в этот кластер. В качестве такой информации целесообразно использовать выборочные элементы характеристики эксперта и эмпирические распределения, которые рассчитываются для каждого эксперта отдельно [1,3]. Допустим, что совокупность таких характеристик, представленных вектором, содержит в себе определенную информацию об уровне компетентности эксперта, тогда можно построить модель в виде зависимости:

$$C = m(X_1, X_2, \dots, X_k, A), \tag{1}$$

где X_k – оценки компетентности, которые рассчитаны по результатам кластерного анализа индивидуальными экспертными расстояниями r_j : $c_j^{(1)} = \frac{1}{r_j}$, $c_j^{(2)} = \frac{1}{1+r_j}$, $c_j^{(3)} = e^{-r_j}$. Упрощенно модель (1) можно представить в виде линейной регрессии:

$$C = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_g X_1 X_2 \dots X_k + \dots \tag{2}$$

Для проверки правильности гипотезы о форме модели (1) необходимо провести анализ адекватности этой модели. Оценить работоспособность модели (1) можно путем сопоставления результатов модельных исследований с выводами, полученными, в результате применения уже отработанных методов исследования. Для этого воспользуемся выводами коллективной экспертизы рассмотренной в [2]. Рассмотрим отклонение оценок каждого из N экспертов, в виде прямоугольной матрицы размером $M \times N$, от средних по строке значений:

$$\bar{z}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N z_{ij},$$

где z_{ij} – средние по строке значения N -го эксперта.

В качестве результирующего показателя можно использовать энтропию выборки разногласий по всем экспертами:

$$\Delta = \begin{bmatrix} \delta_{11} \dots \dots \delta_{1N} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \delta_{M1} \dots \dots \delta_{MN} \end{bmatrix} = \{\delta_{ij}\}, \quad (3)$$

где $\delta_{ij} = z_{ij} - \bar{z}_i$.

При идентификации модели (1) как набора факторов, которые используются для формирования регрессоров в выражении (2), выберем рассмотренные в [2] статистики, которые индивидуально характеризуют действия каждого из экспертов:

– среднее отклонений оценок j -го эксперта $\bar{\delta}_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \delta_{ij}; \quad (4)$

– выборочный начальный момент $\mu_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \delta_{ij}^2; \quad (5)$

– выборочная дисперсия $\sigma_j^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (\delta_{ij} - \bar{\delta}_j)^2; \quad (6)$

– оценка энтропии отклонений j -го эксперта

$$H_j = - \sum_{t=1}^T \frac{\omega_{tj}}{M} \ln \frac{\omega_{tj}}{M} = - \frac{1}{M} \sum_{t=1}^T \omega_{tj} \ln \omega_{tj} + \ln M. \quad (7)$$

Оценки уровня компетентности C находим, по результатам кластерного анализа экспертных данных в M -мерном пространстве признаков с евклидовой метрикой, где каждому эксперту отвечает точка с координатами $(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{Mj})$, которая описывает образ j -го эксперта. Для этого после выделения кластера нормальных экспертов определяются координаты его центра $(z_{10}, z_{20}, \dots, z_{M0})$, а затем оцениваются расстояния между центром и образом каждого из N экспертов:

$$r_j = \left[\sum_{i=1}^M (z_{ij} - z_{i0})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, j = \overline{1, N}, \quad (8)$$

которые будем рассматривать как наборы значений оценок индивидуальных компетентностей экспертов $\{c_j^{(1)}\}, \{c_j^{(2)}\}, \{c_j^{(3)}\}, j = \overline{1, N}$.

Подставив в формулы (4)–(8) количественные данные, получим расчетным путем всю информацию, необходимую для идентификации модели компетентности (2). При решении задачи структурно параметрической идентификации для набора значений зависимой переменной C , полученных при расчете соотношений $c_i = \frac{1}{(r_i+1)}$, получим три близких по своим качествам модели компетентности: $C = a_0 + a_1\mu^{-1} - a_2\bar{\delta} - a_3\sigma^2$ – коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,917$;

$C = a_0 + a_1\mu^{-1} - a_2\bar{\delta} - a_3\mu\sigma^2$ – коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,909$;

$C = a_0 + a_1\mu^{-1} + a_2\bar{\delta}H - a_3(\bar{\delta})^{-1}$ – коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,911$.

Для расчета соотношения $c_i = \frac{1}{r_i}$ воспользуемся моделью, с коэффициентом детерминации равным $R^2 = 0,917$.

Для третьего варианта пересчета $c_i = e^{-r_i}$ результатом подбора модель есть зависимость вида:

$$C = a_0 + a_1 \frac{1}{\bar{\delta}\mu^2} - a_2 \frac{1}{(\bar{\delta})^2} - a_3 \frac{1}{\mu H} \quad (9)$$

Соотношение $c^{(2)} = \frac{1}{(1+r)}$ и $c^{(3)} = e^{-r}$ ограничивают диапазон изменения значений компетентности экспертов промежутком $[0, 1]$. Необходимые вычисления, с использованием формулы $c^{(1)} = \frac{1}{r}$ определяют этот диапазон в виде полузакрытого интервала $[0, \infty)$. Это доставляет некоторые проблемы при выполнении практических расчетов, где значения компетентности экспертов используются в качестве взвешенных коэффициентов при обработке экспертных данных. С помощью зависимости (9) значения компетентности реальных экспертов оказываются смещенными к 0, занимая узкий диапазон значений $[0, 10^{-3}]$. После предварительных расчетов и анализа результатов можно утверждать, что значения компетентности по модели (9), позволяют достаточно полно использовать диапазон возможных значений $[0, 1]$. А сама модель может быть использована для практического применения.

Используя метод наименьших квадратов, рассчитаем оценки параметров модели (9): $\tilde{a}_0 = 0,0392$; $\tilde{a}_1 = 0,068$; $\tilde{a}_2 = -0,0081$; $\tilde{a}_3 = -0,00421$. В результате исследований была выделена область значений компетентностей, характерных для аномальных экспертов. Это 20% нижней части шкалы компетентности, то есть $0 \leq c_i \leq 0,2$.

По результатам анализа и обработки данных экспертных опросов получена модель компетентности эксперта и представлен механизм вычи-

сления оценки компетентности из набора экспертных данных. При этом отпадает необходимость выполнения достаточно сложной процедуры кластерного анализа, результаты которых не всегда допускают легкую и прозрачную интерпретацию полученных результатов, в частности объективное выделение кластера “нормальных” экспертов.

Хотя уровень значений коэффициента детерминации R^2 для построенных выше моделей компетентности эксперта относительно высокий, их возможность объективно измерять степень компетентности эксперта, может оказаться недостаточной, по причине наличие в выходных данных систематических ошибок.

Выводы

1. Сформулирована задача формирования наилучшего сочетание методов по определенному критерию, рейтинговую оценку которых проводят эксперты.

2. Рассмотрен ряд проблемных вопросов, связанных с автоматизацией процедур первичной обработки результатов экспертизы, а также предложено кластерный метод “нормальных” экспертов, который основан на метрике кластеризации экспертов.

3. Описан метод оценивания уровня компетентности экспертов, с использованием базовых структур модели компетентности эксперта.

Литература

1. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А., Коломиец А.А. Модели поведения эксперта и повышение точности экспертных оценок // II міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 27 – 28 листопада, 2003. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2003, Ч.1. – С. 97 – 98.
2. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А., Пишко И.В. Применение методов классификации в задаче обработки данных экспертного опроса // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. Науковий журнал. — Випуск 2 (10) 2003. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. — С. 104-108.
3. Архипов А.Е., Архипова С.А., Архипова Е.А., Носок С.А. Определение уровня компетентности экспертов по результатам анализа данных экспертного оценивания // III міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 29 – 30 листопада, 2005. – Київ: НТУУ”КПІ” ФС, 2005. – С. 275 – 276.
4. Лисовиченко О.И., Ямпольский Л.С., Лавров А.А., Пуховский Е.С. Алгоритм синтеза модели гпс в объектно-ориентированной среде моделирования // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”.-Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2007-Вип. 10(30).- С. 69-83.

Отримано 10.12.2010 р.