

УДК 629.39

С.В. КУЧЕР

Полтавський військовий інститут зв'язку, Україна

ПОБУДОВА ФОРМАЛІЗОВАНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИННИХ МОБІЛЬНИХ МОДУЛІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

В статті сформульовані основні вимоги до математичної моделі процесу функціонування людино-машинних систем, приведений порівняльний аналіз методів моделювання складних систем. Проводиться опис методу підготовки моделей процесу функціонування людино-машинних систем на основі функціональних мереж для подальшої оцінки показників ефективності, якості та надійності.

Вступ

При вирішенні більшості задач дослідження, проектування і випробування людино-машинних систем (ЛМС) виникає необхідність побудови моделі процесу функціонування (ПФ) ЛМС.

При людино-системному (антропоцентричному) підході до розгляду ЛМС моделі ПФ ЛМС представляють собою функціонально-поведінкові моделі, що відображають процес функціонування ЛМС. Під цим процесом розуміється сукупність дій ергатичних елементів і операцій, що виконуються неергатичними елементами. Сукупність дій об'єднана в єдину ціленаправлену послідовність завдяки управляючій і забезпечуючій діяльності ергатичних елементів, що утворюють із розрізненої номенклатури окремих функцій логіко-часову послідовність, яка стійка до збуджень і веде до досягнення поставленої цілі (або цілей) функціонування.

Вимоги до математичної моделі процесу функціонування

На основі загального визначення ПФ ЛМС сформульовані основні вимоги до математичної моделі ПФ [1].

Перша вимога: модель повинна охоплювати як основні, так і допоміжні процеси функціонування ЛМС. До основних процесів відносяться сукупність операцій, які необхідно виконати у відповідності до сформованого в процесі управління плану функціонування або способу дій. Процес управління – це сукупність операцій, при виконанні яких формують-

ся плани функціонування і забезпечення або способи дій елементів ЛМС і (або) формуються керуючі впливи, виконання яких може привести до досягнення поставленої цілі. Процес забезпечення – сукупність операцій, які необхідно виконати у відповідності до сформульованого в процесі управління плану забезпечення, або сукупність операцій щодо відновлення стійкості основного процесу, який може припинитися в результаті відмови елементів або витрати ресурсів, необхідних для реалізації основного процесу і процесу управління.

Друга вимога: вибір рівня мови опису ПФ ЛМС повинен відповідати семантичному рівню процесів, що моделюються. Реально внаслідок того, що процеси управління по семантичному рівню знаходяться, як правило, вище по ієрархії, чим основний процес і процес забезпечення, виникає необхідність описувати їх на мовах моделювання різних рівнів.

Третя вимога: мова моделі повинна бути доступна як людині, так і не ергатичним елементам, програмно-технічним засобам, тобто вона повинна бути достатньо формалізована для однозначного відтворення на ЕОМ.

Четверта вимога: алфавіт мови опису ПФ повинен бути мінімально необхідним, але забезпечувати всі специфічні особливості складових ПФ.

П'ята вимога: модель повинна об'єднувати в собі якості опису та оцінки ПФ.

Новий підхід до моделювання ЛМС, розроблений у функціонально-структурній теорії [1], приводить до необхідності врахування наступних особливостей при моделюванні ПФ ЛМС:

- цілеспрямованість поведінки ЛМС;
- різномірність елементів, що приймають участь в кожній технологічній операції (людина і засоби, які вона використовує);
- наявність перерв у ПФ ЛМС внаслідок відмов та помилок людини при виконанні технологічних операцій;
- наявність як інтерієзованих (розумово-плануючих), так і екстерієзованих (виконавчих) дій людини;
- можливість налаштування поведінки людини (вибору іншого алгоритму дій) при зміні ситуацій-

них умов (поява дефіциту часу, емоціональних факторів і т.п.);

- наявність мінливості в характеристиках дій людини (коливання затрат часу, стомлення і т.п.).

Хоча для моделювання ПФ складних систем, в тому числі й ЛМС, на даний час існує велика кількість математичних моделей, майже всі вони не задовольняють сукупності перерахованих вимог (більшість задовольняють лише частково). Порівняльна характеристика методів моделювання складних систем наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Методи моделювання складних систем

Метод	Можливість опису паралельних процесів	Наявність методів кількісної оцінки	Трудоемкість кількісної оцінки	Наявність спеціальних моделей опису ЛМС	Можливість представлення інформації в логіко-лінгвістичній формі	Проблемна орієнтація
ЛСА (Ляпунова)	Обмежена	Немає	Мала	Немає	Немає	Є
Автоматні, агрегатні моделі		Є	Значна			Універсальна
Статистичне імітаційне моделювання	Значна (статистична обробка)					
Марківські та напівмарківські процеси	Значна (аналітичні методи)		Є	Для ЛМС		
Мережі GERT	Обмежена					Значна (аналітичні методи)
Функціональні мережі	Є		Незначна (набір типових процедур)	Немає		Для паралельних процесів
Мережі Петрі, Е-мережі	Є		Значна (статистична обробка)			Універсальна для ЕС
ФСМ	Є			Незначна (набір типових процедур)	Є	Є

Формалізація процесу на основі узагальненого структурного методу

Даний метод орієнтований на формалізації ПФ ЛМС в цілому, тобто як дій людини, так і операцій програмно-апаратних засобів. Підготовка моделей ПФ ЛМС на основі функціональних мереж для подальшої оцінки показників ефективності, якості та надійності (ЕЯН) функціонування ЛМС повинна проводитися за наступною методикою [1, 2]:

1. Формування цілей робіт за оцінкою ЕЯН.

Для цього:

1.1. Дається ім'я всьому процесу, що оцінюється (наприклад "Процес збору апаратури радіопередачі").

1.2. Складається перелік продуктів праці, що будуть отримані (може бути один або декілька продуктів, наприклад апаратура радіопередачі і технічна документація на технологічний процес збору апаратури).

1.3. Для кожного продукту праці призначається конкретний склад показників ЕЯН, які очікується

отримати в результаті оцінки, виходячи із наступної номенклатури показників: B^1 – імовірність отримання бездефектного продукту праці; B^0 – імовірність виконання процесу функціонування з дефектами; $\bar{T}$ – середній час, який витрачається на отримання продукту праці; $D(T)$ – дисперсія часу виконання ПФ; $\bar{W}$ – середні працевтрати на виконання ПФ; $D(W)$ – дисперсія працевтрат на виконання ПФ; $\bar{C}$ – середня вартість (повна або тільки фонду заробітної плати) всього ПФ; $D(C)$ – дисперсія вартості ПФ.

2. Збір вихідних даних. Для цього виконується:

2.1. Складається таблиця з переліком всіх робіт, що входять в ПФ. Кожній роботі ставиться у відповідність її модель (типова функціональна одиниця ТФО) у відповідності з узагальненим структурним методом. У залежності від призначення в УСМ розрізняють такі одиниці функціонування: функціонери (основні і додаткові) і композиціонери (допоміжні і службові). Функціонери відповідають реальним операціям або діям людини, робочим операціям технологічного обладнання, засо-

бів обчислювальної техніки і програмних засобів в ПФ, що аналізується, а композиціонери – деяким взаємозв'язкам операцій і логічним функціям.

2.2. Встановлюються вхідні характеристики (у відповідності до номенклатури показників для кожної роботи). Вхідні характеристики можуть бути визначені на основі статистичних даних шляхом розрахунків і опитування експертів.

3. **Складається модель ПФ** у вигляді функціональної мережі F_0 , з дотриманням таких обмежень:

- елементами ФМ можуть бути тільки визначені ТФО;
- для ЕТС, що випускають ряд продуктів, ФМ будуються спочатку для процедур випуску окремих продуктів, а потім зводяться в єдину ФМ;
- до складу ФМ можуть включатися тільки ті роботи, що включені в таблицю, складену у відповідності до п. 2.1. При виявленні в процесі складання ФМ робіт, не включених в дану таблицю, необхідно доповнити її і вказати для цих нових робіт характеристики у відповідності до п. 2.2;
- при складанні ФМ можуть використовуватися тільки комбінації ТФО, наведені в бібліотеці ТФС.

3.1. Для складання однопродуктової ФМ:

- задається початок ФМ у вигляді стартера всієї мережі, що зображається прямокутником, всередині якого записані ім'я процесу і необхідні відомості про нього;
- задається кінець ФМ у вигляді фінішера всієї мережі, що зображається прямокутником, всередині якого записані ім'я продукту;
- до нижнього полюса стартера мережі приєднується перша робота, а у випадку робіт, що одночасно починаються, – перші з них;
- до фінішерів перших робіт прилаштовувати наступні за ними (у відповідності до технології ПФ) інші роботи, дотримуючись обмежень п. 3.;
- побудову ФМ продовжується шляхом приєднання до других, третіх і т.д. робіт наступних за ними, поки не буде відновлена вся технологія;
- фінішери останніх робіт приєднуються до фінішера всієї мережі;
- перевірка з експертами, чи не допущено спотворення технології при побудові ФМ. Якщо виявляються помилки – проводиться відкоректування структури ФМ за отриманими зауваженнями, з ура-

хуванням обмежень п. 3.

3.2. Для складання багатопродуктової мережі:

- складається ФМ для кожної однопродуктової мережі;
- шляхом аналізу даних мереж встановлюються точки логіко-часових зв'язків;
- в точках зв'язків встановлюється логічна відповідність у моделі шляхом з'єднання за допомогою синхронізаторів, тобто пунктирних стрілок, які показують часовий взаємозв'язок моментів деяких подій;
- у випадку ФМ більш ніж двохпродуктових виконуються операції для інших однопродуктових мереж.

Побудовані моделі процесу функціонування у вигляді функціональних мереж є необхідними даними для розрахунків показників ефективності, якості і надійності функціонування ЛМС.

Висновок. На сьогодні апарат функціонально-семантичних мереж є найбільш потужним і універсальним засобом моделювання і оцінки широкого класу ЛМС, що дозволяє в єдиних формалізмах врахувати специфічні особливості поведінки людини (оператора, організатора, ремонтника і т.д.) і засобів, які вони використовують. Математичний апарат ФСМ має наступні переваги: найбільш повно відповідає вимогам до моделей ПФ ЛМС; має перспективи розвитку для моделювання семантики ПФ ЛМС; має реалізацію на всіх класах ЕОМ (при цьому програми універсальні і немає потреби перепрограмування під конкретну структуру ЛМС, так як інформація про структуру ПФ ЛМС вводиться в якості вихідних даних).

Література

1. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко и др. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.: ил.
2. Технические эргатические системы / Под ред. В.В. Павлова. – К.: Вища школа, 1977. – 344 с.

Надійшла до редакції 5.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.