

Если вектор  $X$  является недопустимым, то существует такое допустимое решение градиентного типа  $X^g$ , координаты которого удовлетворяют условию

$$X_i^g \leq X_i^0, \text{ где} \\ (f_i(X_i^0) - f_i(X_i^0 - 1)) / a_i < A.$$

Было получено, что при  $\alpha > 1$  гарантированная оценка точности алгоритма равна  $\frac{1}{2\alpha}$ .

Принцип вывода гарантированной оценки точности может быть использован при построении и обосновании новых субоптимальных алгоритмов для модельных задач дискретной оптимизации.

### Литература

1. Аттетков Ф.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов / В.С. Зарубин, А.П. Крищенко. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 440 с.
2. Ковалев М.М. Матриды в дискретной оптимизации. Изд. 2-е, стереотип. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 224 с.

УДК 681.3.06

### МОДЕЛЮВАННЯ ЖИВУЧИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Т. І. Єфімова, О.В. Федухін, О.М. Шалейко

*Інститут проблем математичних машин і систем НАНУ, Україна*

В наш час моделювання складних комп'ютерних систем (КС) проводиться переважно за допомогою комп'ютерів. Для потреб моделювання створено багато потужних програмних засобів, які допомагають досліджувати та вдосконалювати створювані складні КС. Аналіз найбільш популярних комп'ютерних засобів імітаційного моделювання з точки зору застосування їх для моделювання складних живучих КС показав наступне.

Оскільки ми розглядаємо такі системи в першу чергу з точки зору живучості, то нашою метою має бути моделювання поведінки системи при зміні нормальних зовнішніх умов функціонування на більш жорсткі, та навіть екстремальні. При цьому, незважаючи на відмови деяких елементів і складових частин, система повинна виконувати свої функції. Тому серед існуючих систем моделювання слід вибрати такі, що орієнтовані на дискретно-подієве моделювання, в якому функціонування системи представляється як хронологічна послідовність реакцій на зовнішні дискретні події. Принципово важливим для живучих систем є те, що події виникають непередбачувано, оскільки вони обумовлені мінливістю умов, в яких система функціонує. Події (зміна зовнішніх умов, відмови під їх дією елеме-

нтів і складових частин системи), що виникають у певні моменти часу, викликають зміну стану системи. Отже, при моделюванні складних живучих КС система представляється у вигляді станів системи та переходів між цими станами, що виникають як реакції на події.

Пакет програм Stateflow, що був розроблений як складова частина інструментального засобу MATLAB-Simulink, відповідає саме представленим вище потребам. MATLAB забезпечує доступ до різних типів даних, має можливості високорівневого програмування та інструментальні засоби візуалізації. Simulink дає можливість моделювання безперервних та дискретних динамічних систем у вигляді блок-схем. Stateflow - пакет моделювання керованих подіями систем, заснований на теорії кінцевих автоматів. Цей пакет призначений для використання разом з пакетом моделювання динамічних систем Simulink. В будь-яку Simulink-модель можна вставити Stateflow-діаграму, яка буде відображати поведінку компонентів об'єкта (або системи) моделювання. Stateflow-діаграма є анімаційною. За допомогою її блоків і зв'язків, що періодично виділяються іншим кольором, можна простежити всі стадії роботи модельованої системи або пристрою в залежності від тих чи інших подій.

Таким чином Stateflow є універсальним інструментом для моделювання складних живучих КС, який інтегрований в середовище MATLAB-Simulink, що дозволяє користуватися потужними засобами цього середовища.

У роботі розглянуто три приклади моделювання в середовищі Stateflow, які дозволяють зробити висновки щодо зручності та наочності застосування інструменту Stateflow для моделювання живучих КС.

У першому прикладі розглянута схема одиночного блоку КС, на який діє зовнішній сигнал аварійної ситуації для цього блоку, а вихідний сигнал є сигналом працездатності КС. Представлена модель цієї схеми, сформована блоками MATLAB-Simulink. Блок КС у вигляді працездатних та непрацездатних станів і переходів між ними представлений Stateflow-моделлю.

Моделювання показало, що КС переходить до непрацездатного стану при кожній аварійній ситуації на вході. Отже, така система не є живучою.

Для підвищення живучості в схему вводяться надлишкові ресурси. У другому прикладі розглянуто систему із двох КС, з яких друга система дублює функцію першої, але виготовлена на основі апаратури іншого виробника, іншим розробником і т.п., отже реагує на інші аварійні ситуації. Представлена модель цієї схеми, в якій на схему з двох дублюючих один одного блоків КС діють сигнали аварійної ситуації, сформовані блоками MATLAB-Simulink.

Блоки КС1 та КС2 у вигляді працездатних та непрацездатних станів і переходів між ними представлені Stateflow-моделлю. Кожен КС працює аналогічно моделі, розглянутій вище.

З моделі цієї схеми видно, що при появі відповідного сигналів аварійних ситуацій блоки КС на деякий час втрачають працездатність. Коли сигнали аварійної ситуації зникають, блоки КС з допомогою спеціальних внутрішніх схем відновлюють свою працездатність. Але схема з двох дублюючих один одного блоків КС втрачає працездатність тільки в ті моменти, коли обидва блоки КС є непрацездатними. Отже, така схема більш живуча, ніж схема з одиночним КС.

У третьому прикладі представлена модель з трьох дублюючих один одного блоків КС, на які діють сигнали аварійних ситуацій, а вихідний сигнал є сигналом працездатності системи з трьох КС.

Моделювання показало, що схема з трьох дублюючих один одного блоків КС втрачає працездатність тільки в ті моменти, коли всі три блоки КС є одночасно непрацездатними. Оскільки в даному випадку в кожний момент часу хоч один із трьох блоків залишається працездатним, то система з трьох блоків за час моделювання ні разу не втрачає працездатності. Отже, така схема більш живуча, ніж схема з двох КС.

Таким чином, з усього вищесказаного можна зробити наступні висновки. Комплексний програмний інструмент MATLAB-Simulink-Stateflow дозволяє досліджувати живучість КС з допомогою наочного та ефективного засобу побудови програмних моделей – пакету візуального програмування. Моделі створюються в діалоговому режимі шляхом графічної побудови на екрані схеми, що складається з елементарних візуальних блоків. Характеристики цих блоків можна задавати в діалоговому режимі. Візуальні блоки знаходяться в бібліотеках Simulink. Це дозволяє застосовувати багату бібліотеку MATLAB-Simulink для моделювання сигналів аварійних ситуацій, від яких залежить живучість системи. Під час моделювання можна спостерігати за процесами, що відбуваються в системі. Для цього в бібліотеці існують спеціальні блоки «оглядових вікон», в яких можна спостерігати, як змінюється працездатність системи під впливом сигналів аварійних ситуацій.

Живучість системи залежить від працездатності блоків, що входять до складу системи. Тому для її дослідження слід моделювати стан працездатності або непрацездатності окремого блоку. В середовищі Stateflow система представляється саме у вигляді того чи іншого стану (у нашому випадку стан працездатності або непрацездатності) та сигналів, що спричиняють переходи від одного стану до іншого. Тому в цьому середовищі дослідження живучості моделюється дуже ефективно.

Все це дозволяє зробити висновок, що застосування пакету програм MATLAB-Simulink-Stateflow є зручним та наочним інструментом моделювання живучих систем, поведінка яких залежить від неочікуваних змін у зовнішньому середовищі, а середовище MATLAB-Simulink дозволяє користуватися потужними засобами цього середовища для відображення цієї поведінки.

## Література

1. Лазарев Ю.Ф. «Моделирование процессов и технических систем в MATLAB», Учебный курс. – К.: 2004. – 474 с.
2. Федухин А.В. К вопросу об аппаратной реализации избыточных структур: резервированная двухканальная система с реконfigurацией / А.В. Федухин, Ар.А. Муха // Математичні машини і системи. - 2010. - №4. – С. 156-159.
3. Рогачев Г.Н. «Stateflow5. Руководство пользователя»: Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/stateflow/book1/2.php>.
4. Мудла Б.Г. Гарантоздатність як фундаментальний узагальнюючий та інтегруючий підхід / Б.Г. Мудла, Т.І. Єфімова, Р.М. Рудько // Математичні машини і системи. – 2010. – № 2. – С. 148 – 165.

УДК 517.873

## **АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Живило С.В., Одарущенко О.М.

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

Опираясь на исследования [1] актуальной является задача разработки методов и алгоритмов оценки сложных ИТ-инфраструктур. Связанно это с ужесточением стандартов менеджмента риска таких как [2].

Основы моделирования и оценки ИТ-инфраструктур заложены в работе [3]. Предложенные методы применения марковского анализа хорошо себя зарекомендовали. Несмотря на это они накладывают значительные ограничения на количество состояний инфраструктуры. Что негативно сказывается на применении методов при оценке готовности сложных многокомпонентных ИТ-инфраструктур. Прототипы таких серверных ИТ-инфраструктур описаны в работе [4], а классические принципы их обслуживания в [5].

Для преодоления этих ограничений необходимо решить следующие задачи.

Во-первых, задачу автоматизированного построения многофрагментных марковских графов, у которых число состояний может достигать сотен. Опираясь на практический опыт разработки подобных моделей можно утверждать, что опытному исследователю под силу разработка подобной модели до ста состояний [2].

Во-вторых, требует автоматизации задача построения на основе полученного графа системы дифференциальных уравнений (СДУ) Колмогорова и ее решение. Кроме того существует задача выбора численного метода решения таких СДУ в условиях «жесткости» решаемой вычислительной задачи. Таким образом, далее представлена информационная техно-