

УДК 519.2

ПОДХОДЫ К ГЕНЕРАЦИИ СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ

В.А. Слободяник, С.Н. Чумаченко

Национальный научно-исследовательский Центр оборонных технологий и военной безопасности Вооруженных Сил Украины

e-mail: s_chum@mail.ru

Генерация сценариев эволюции конфликтующей системы является одним из основных элементов для поддержки принятия решений сторонами конфликта. Она требует знания как природы конфликтующих систем, так и механизмов принятия решений в таких системах. Конфликтующие системы – это динамические, иерархические системы, вмещающие несколько уровней пространственно-временных масштабов и состоящие из множества конфигураций элементов разного функционального предназначения, мощности и размеров со своей ролью и местом в конфликте. Такие системы являются открытыми и активно взаимодействуют с внешней средой. Их описание требует привлечения результатов из широкого спектра научных направлений, включая системный анализ, теорию принятия решений, теорию операций, теорию диссипативных систем, рефлексивную теорию игр и другие.

На данный момент практическую реализацию находят два подхода к генерированию сценариев конфликта – экспертный подход и подход математического моделирования. Преимущества экспертного подхода наиболее сильно проявляются при генерировании долгосрочных сценариев, в то время как подход математического моделирования более эффективен для краткосрочных сценариев.

Несмотря на глубокие различия, в основе обоих подходов лежит один и тот же механизм построения множества вариантов решения и выбор реализуемого, наиболее приемлемого, субъективно - оптимального варианта. Это решение по своей сути является компромиссным так как в расчет принимается поведение соперника, а функционирование конфликтующей системы постаает как последовательность компромиссов между сторонами конфликта. Исходя из этого, общая схема генерации сценариев может быть представлена в виде следующего алгоритма:

Итерация $k = 1$;

1. С помощью некоторого заранее построенного генератора формируется ветвящийся процесс, т.е. задается отображение $G: S(t) \xrightarrow{G} \{Sc\}$, которое ставит в соответствие состоянию конфликта $S(t)$ некоторое множество сценариев $\{Sc\}$ мощности N .

2. На множестве $\{Sc\}$ задается некоторая операция отбора $T(p_1, p_2, \dots, p_k)$, такая что $\{Sc\} \xrightarrow{T(p_1, p_2, \dots, p_k)} Sc$, где Sc - подмножество множества $\{Sc\}$, что претендует на решение задачи; p_i - параметры отбора.

3. Проверка на условие завершения итерационного процесса.

4. Если шаг 3 не выполнен, то $k = k + 1$ и возврат к шагу 1.

Соответствующая схема генерации сценариев может быть реализована как пошагово, то есть через цепочку $Sc: S(t) \xrightarrow{G,T} S(t + \Delta t) \xrightarrow{G,T} \dots \xrightarrow{G,T} S(t + k\Delta t)$, так и путем определения и последовательного улучшения начальных сценариев – вариантов решения.

В экспертном подходе генератором сценариев является коллективная фантазия экспертов, которая базируется на их опыте и знаниях, а операция отбора на сгенерированном множестве реализуется через использование методов Саати, Делфи и

других. Преимущества и недостатки экспертных методов, а также примеры их использования приведены в [1],[2] и других работах.

В подходе математического моделирования в качестве генератора, задающего динамику, чаще всего выступают системы уравнений, например дифференциально-разностные, а операция отбора реализуется через различные условия оптимизации. В случае моделирования конфликта такими уравнениями являются различные модификации уравнения Ланчестера.

Математические модели генерации сценариев можно условно разделить на два направления, что концентрируются на моделировании процессов и моделировании принятия решений. Общим для них является первый этап, сводимый к построению структурной схемы объекта исследования. Ее конструктивными элементами в простейшем случае является набор:

$$M = \langle X, \Psi, G_{YY} \rangle \quad (1)$$

где X - множество структурных элементов, Ψ - множество факторов внешней среды, G_{YY} - множество допустимых связей между элементами множества $Y = X \cup \Psi$. Конструктивные элементы структурной схемы текущей ситуации имеют вид:

$$m(t) = \langle x(t), \psi(t), g_{yy}(t) \rangle \quad (2)$$

где $x(t), g_{yy}(t), \psi(t)$ - некоторые подмножества множеств X, G_{YY}, Ψ соответственно. Сценарий обычно задается в виде системы рекурсивных уравнений:

$$m^k(t_{i+1}) = \hat{F}_i^k[m^k(t_i)], \quad i = \overline{0, N}; \quad m^1(t_0) = m^2(t_0) = \dots = m^k(t_0) = m(t_0) \quad (3)$$

где \hat{F}_i^k - операторы переходов между конструктивными элементами структурных схем ситуаций, k - порядковый номер сценария.

Подход на основе моделирования процессов [4],[5],[6] (в частности имитационное моделирование) сводится к построению системы уравнений, описывающих множество допустимых связей G_{YY} в (1). При этом операторы \hat{F} могут иметь вид математических операций, или быть представленными в виде правил, ограничений или допущений, что позволяют осуществлять переход между (2) за определенной схемой. Сценарий представляет собой результат использования определенной последовательности операторов \hat{F}_i^k к начальной ситуации $m(t_0)$. В целом при моделировании процессов правила переходов между (2), т.е. последовательности операторов \hat{F}_i^k считаются заданными, задача состоит в определении результатов таких операций и выборе оптимального сценария.

Генерация сценариев с помощью моделирования принятия решений исходит из предположения, что исследуемый процесс есть реализацией определенной последовательности решений. Предполагается, что результаты этих решений, т.е. $m^k(t_1), m^k(t_2), \dots$, известны или таковы, что могут быть легко рассчитаны. Задача состоит в определении подмножества наиболее вероятных реализаций k , т.е. в поиске $\hat{F}_i^{k_1}, k_1 \in k$. Так Е.А.Александров [7] предложил рассматривать переход от структуры некоторой начальной ситуации $C(t_0)$ к структуре желательной ситуации $C(T)$ в виде некоторой последовательности актов принятия решений $C(t_0)r_1C(t_1)r_2C(t_2)\dots r_T C(T)$. При этом триада $C(t_k)r_{k+1}C(t_{k+1})$ есть элементарным актом принятия решений, а r_{k+1} - элементарная операция. По сути это аналог системы рекурсивных уравнений (3), но в его основу положено процесс принятия решений.

В підході математического моделювання сценарії будуються поетапно, в той час як експертним підходом вони задаються з початку і весь алгоритм будують на їх послідовному уточненні.

Як було відзначено вище, недоліком підходу математического моделювання є порівняльна короткотривалість побудованих сценаріїв. Це пов'язано як з нелінійним зростанням рівня складності при зростанні рівня деталізації розглядаємих систем, так і з зростанням рівня неопределенності при поетапній рекурсії [3], що покладено в моделі такого роду. Один з можливих способів обходу цих труднощів складає в відмові від алгоритмів поетапного побудови сценаріїв і переході до методів, використовуючих аналогічно експертним системам ітеративні алгоритми.

Задача генерації сценаріїв конфлікту може бути сформульована як оптимізаційна по часу реалізації сценарія задача на множині комбінацій допустимих подій. Подія представляється в вигляді набору $\theta \equiv \{i_1, i_2, \dots, i_m \rightarrow k\}$; $i_1, i_2, \dots, i_m, k \in A, B$, де i_1, i_2, \dots, i_m - активні ресурси сторін конфлікту А або В; k - пасивний ресурс, навколо якого формується подія (ціль події). Представлення сценарія конфлікту Sc задається в вигляді коду $Sc \equiv \theta_1 \theta_2 \dots \theta_k$. Введемо наступні позначення: t_{ik}^j - час на залучення i -го об'єкта-ресурсу для реалізації k -ого події для j -ого сценарія; Δt_k^j - час на реалізацію k -ого події для j -ого сценарія. P_k - ймовірність реалізації k -ого події. $\Delta I_k^{A \vee B}, \Delta R_k^{A \vee B}$ - відносні зміни потенціалів сторін (структурного і оборонного) при реалізації k -ого події.

Тоді задачу генерації сценарія конфлікту можна сформулювати наступним чином: на заданному графі $G = \langle L, \omega_{ij} \rangle$ знайти такий шлях Z , для якого мінімізується час T на реалізацію сценарія Sc :

$$W(T) = \min_{j \in \{Sc\}} \sum_{k \in N_j} \frac{1}{P_k} \max_{i \in i} (t_{ik}^j + \Delta t_k^j) \equiv \min_{j \in \{Sc\}} T_j \quad (4)$$

при наступних умовах:

$$\sum_{k=1}^n \max_i (t_{ik}^j + \Delta t_k^j) + \max_i (t_{i(k+1)}^j + \Delta t_{(k+1)}^j) = \sum_{k=1}^{n+1} \max_i (t_{ik}^j + \Delta t_k^j) \quad (5)$$

$$N_j : \left[\left(\sum_{k=1}^{N_j} \Delta I_k^{A \vee B} \geq \Delta I_{\max}^{A \vee B} \right) \vee \left(\sum_{k=1}^{N_j} \Delta R_k^{A \vee B} \geq \Delta R_{\max}^{A \vee B} \right) \right] \wedge \left[\left(\sum_{k=1}^{N_j-1} \Delta I_k^{A \vee B} < \Delta I_{\max}^{A \vee B} \right) \wedge \left(\sum_{k=1}^{N_j-1} \Delta R_k^{A \vee B} < \Delta R_{\max}^{A \vee B} \right) \right] \quad (6)$$

$$\forall z_{xy} \in Z \Rightarrow z_{xy} \wedge \omega_{xy} = 1; \quad z_{xy}, \omega_{xy} \in \{0,1\} \quad (7)$$

де ω_{xy} - матриця суміжності графа G .

Ця задача належить до класу NP - складних задач з оцінкою рівня складності в межах $\frac{N(\theta)!}{(N(\theta)-k)!} < Sc < N(\theta)^k$, де $N(\theta)$ - множина всіх можливих подій, k -

число подій в сценарії Sc . Одним з добре зарекомендувавших себе методів рішення подібних задач є методи класу еволюційних алгоритмів і в частині генетическіе алгоритми [8],[9],[10]. Ці алгоритми є ітеративними по своїй суті, що важливо в світлі вищеизложеного. Однак генетический алгоритм є всього лише випадковим ймовірнісним алгоритмом і щоб урахувати специфіку реального конфлікту його слід доповнити наступними процедурами:

- сопоставления каждому событию результата – исхода его реализации (изменение положения и принадлежности объектов, формирующих событие);
- проверка событий на одновременность осуществления (учет только максимальной временной продолжительности на множестве одновременно происходящих событий);
- проверка событий на временную атомарность (разделение составных событий);
- изменения потенциала объектов сторон конфликта при реализации события;
- проверка событий на возможность реализации (отбрасывание нереализуемых событий);
- учет затрат вспомогательных ресурсов (материалов) на реализацию события (горючего, продовольствия, финансов и т.д.);
- учет информационной составляющей и ее воздействия на конфликт.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.З.Згуровський. Сценарний аналіз як системна методологія передбачення // Системні дослідження та інформаційні технології, 2002, №1, с.7-38.
2. О.Н.Андрейчикова. Интеллектуальная система для синтеза сценариев // Программные продукты и системы, №2, 2002, с.13-15.
3. В.А.Слободяник. Оценка периода упреждения для прогнозирования динамики временных рядов, заданных на счетном множестве состояний // Адаптивні системи автоматичного управління, Дніпропетровськ, "Системні технології", 2001, с.139-143.
4. С.А.Юдицкий. Сценарно-целевой подход к системному анализу // Автоматика и телемеханика, №4, 2001, с.163-175.
5. С.А.Юдицкий, Г.Н.Жукова, А.Е.Кутанов. Разработка целевых сценариев для организационных систем // Приборы и системы управления, №6, 2000, с.82-86.
6. И.С.Меньшиков. Сценарии поведения участников динамических конфликтных ситуаций // Сообщения по прикладной математике. Выч. Центр АН СССР, 1987, 51с.
7. Е.А.Александров. Основы теории эвристических решений. М., Сов.радио, 1975, 256с.
8. В.М.Курейчик, С.И.Родзин. Эволюционные алгоритмы: генетическое программирование // Известия академии наук. Теория и системы управления, 2002, №1, с.127-137.
9. А.В.Галкина. Дискретная математика: комбинаторная оптимизация на графах. – М.: Гелиос АРВ, 2003, -232 с.
10. Н.Н.Глибовец, С.А.Медведь. Генетические алгоритмы и их использование для задачи составления расписания // Кибернетика и системный анализ, 2003, №1, с.95-108.