А. В. Боженюк, **И. Н. Розенберг**, **Д. Н. Ястребинская** (Таганрог, НТЦ «Интех» ЮФУ). **Метод увеличения живучести нечетких графов.**

При моделировании сложных процессов и явлений нечеткими графами возникают задачи оценки и анализа полученных моделей с точки зрения их живучести. В четком графе под живучестью понимается его чувствительность к повреждениям с точки зрения удаления некоторых ребер или вершин [1]. В случае нечетких графов, в зависимости от поставленных задач, под живучестью могут пониматься разные понятия, в том числе и степень сильной связности нечеткого графа [2]. Рассматривая нечеткий граф с точки зрения его живучести, естественно ставиться задача увеличения степени живучести с наименьшими затратами. Здесь под затратами может пониматься добавление новых ребер, и (или) увеличение значений функций принадлежности уже существующих так, чтобы суммарная величина добавленных значений функций принадлежности ребер была минимальной.

Обозначим через $\widetilde{G} = (X, \widetilde{U})$ — нечеткий граф [3] у которого $X = \{xi\}$, $i \in I = \{1, 2, \ldots, n\}$ четкое множество вершин, а $\widetilde{U} = \{\langle \mu_U(x_i, x_j)/(x_i, x_j)\rangle\}$ — нечеткое множество ребер. Здесь $x_i, x_j \in X$, $\mu_U(x_i, x_j) \in [0, 1]$ — значение функции принадлежности для ребра (x_i, x_j).

Путем (маршрутом) $l(x_i, x_j)$ нечеткого графа называется направленная последовательность нечетких дуг, ведущая из вершины x_i в вершину x_j, в которой конечная вершина всякой дуги, отличной от последней, является начальной вершиной следующей дуги [4].

Конъюнктивная прочность пути определится выражением:

$$\mu_l(x_i, x_j) = \underset{\langle x_k, x_t\rangle \in l(x_i, x_j)}{\&} \mu_U(x_k, x_t).$$

Пусть $L(x_i, x_j)$ — семейство нечетких путей из вершины x_i в вершину x_j. Тогда величина $\tau(x_i, x_j) = \max_{l \in L}\{\mu_l(x_i, x_j)\}$ определит степень достижимости вершины x_j из вершины x_i. Если рассматривать степень живучести как степень сильной связности нечеткого графа, то она определится выражением: $V(\widetilde{G}) = \underset{x_i \in X}{\&} \underset{x_j \in X}{\&} \tau(x_i, x_j)$ Это означает, что между любыми двумя вершинами графа существует путь с конъюнктивной прочностью не менее величины V.

В работе предлагается метод увеличения степени живучести нечетких ориентированных графов. Данный метод основан на последовательном увеличении нечеткого транзитивного и нечеткого обратного транзитивного замыканий произвольной вершины рассматриваемого графа. Предложенный метод оптимально решает поставленную задачу. Однако необходимо отметить, что рассмотренный метод является методом упорядоченного полного перебора, т. е. является NP-полной задачей. Он может эффективно использоваться для графов не имеющих большой размерности и не являющимися однородными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фрэнк Г.*, *Фриш И.* Сети, связи, потоки. М.: Связь, 1978.
2. *Берштейн Л. С.*, *А. В. Боженюк А. В.* Живучесть нечетких ориентированных графов. — Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2002. Санкт-Петербург, 25-27 июня 2002. Т. 1. Гидрометеоиздат, 2002, с. 185–187.
3. *Кофман А.* Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.
4. *Берштейн Л. С.*, *Боженюк А. В.* Нечеткие графы и гиперграфы. М.: Научный мир, 2005.