

**И. К. Коханенко, В. А. Москваев** (Ростов-на-Дону, РВИ РВ).  
**Когнитивная модель оценки безопасности послегарантийной эксплуатации сложных технических систем.**

Экономические трудности, переживаемые страной, и как следствие этого — недостаточный уровень финансирования привели к тому, что значительная доля сложных технических систем (СТС) военного назначения, предприятий промышленности, энергетики эксплуатируется на основании решений о продлении назначенных показателей ресурса и срока службы. Такие решения принимаются с учетом текущего технического состояния СТС, но при этом, как правило, неполно учитываются вопросы, связанные с системными свойствами и безопасностью эксплуатации. Как правило, безопасность количественно оценивается с использованием методов теории марковских или полумарковских процессов [1]; получаемые при этом модели, как правило, недостаточно полны, а потребные исходные данные не всегда представительны. В связи с этим здесь приводятся основные результаты разработки когнитивной нечеткой модели безопасности послегарантийной эксплуатации, подобной известным FCM-моделям Б. Коско [2], на которых базируются многие современные системы моделирования в разнообразных приложениях. Такие модели позволяют получать конструктивные результаты даже тогда, когда поведение системы неформализуемо с использованием известного аппарата, когда в классической постановке входные переменные носят качественный, дихотомический характер. Нечеткие когнитивные модели используют опыт специалистов, который может быть ими описан лингвистически.

Когнитивная fuzzy-модель (функциональный граф) разработана в известном пакете fuzzy-tech. Модель развивает предварительно построенную когнитивную карту (знаковый граф), используя алгоритм Мамдани из fuzzy-tech, и представляет трехуровневый комплекс подмоделей. Первый уровень — блоки правил оценки безопасности природно-техногенных воздействий  $A$  (NTechS), безопасности в связи с неисправностями и доработками  $B$  (IncoG) и системной безопасности  $C$  (SysS) с базовыми факторами (входами). Девять входов — лингвистические переменные — описаны соответствующими терм-множествами по три трапециидальных функции принадлежности каждое (динамика воздействий, интенсивность отказов, эффективность доработок, темп ремонтных работ, обеспеченность финансами, квалификация персонала, качество документации и т. п.). Второй уровень включает три блока правил NTS, Inc, SyS и три выхода (NT, In, SS); характеризует взаимовлияние базовых факторов блоков  $A, B, C$ . Третий уровень — выход модели (Safety); здесь один блок правил ExprIS и один выход Safety описан терм-множеством с четырьмя функциями принадлежности трапециидального типа (достаточная, предкризисная, кризисная, критическая). Итого, всего 9 входов, 7 выходов и 7 блоков процедурных правил.

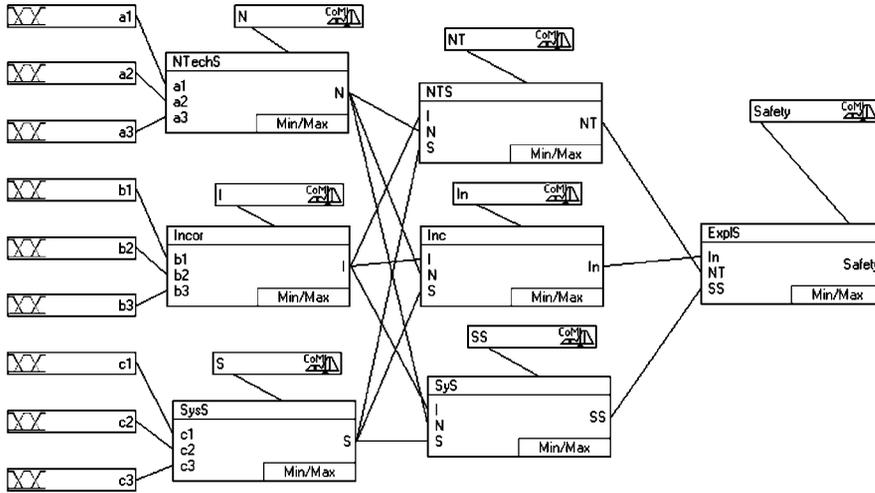


Рис.

Обоснованная на основе выбора базовых факторов, разработки процедурных правил нечеткого вывода и использования возможностей пакета прикладных программ Fuzzy Tech когнитивная модель позволяет не только решать собственно задачу оценки безопасности, но и изучать фундаментальные свойства таких моделей. Проведенное моделирование показало, что увеличение числа термов приводит к тому, что связь результата и пары базовых факторов стремится к фрактальной.

При моделировании с расширенным составом базовых факторов (больше 9, представленных на рис. обнаружен фрактал в функциональной связи числа базовых факторов  $N$  с числом  $n$  решающих факторов, т. е. факторов, которых достаточно для идентификации. Отсюда следует, что увеличение мощности множества базовых факторов приводит к росту числа решающих факторов, которых тем ни менее значительно меньше числа базовых. Последнее важно из-за того, что большое количество базовых факторов затрудняет разработку когнитивной модели на базе нечеткой логики из-за объемных блоков процедурных правил нечеткого вывода. Кроме того, моделирование показало, что при наличии слабоформализуемых переменных (типа ошибок персонала, неточностей документации и т. п.), задаваемых в классической постановке часто дихотомически (да, нет), результаты оценки безопасности по FCM-моделям и с использованием полумарковских моделей будут существенно отличаться.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Л. И. Безопасность ракетных и ракетно-космических комплексов. М.: Изд-во СИП РИА, 2002.
2. Kosko, Bart. Neural Networks and Fuzzy Systems / Englewood Cliffs. New York: Prentice-Hall, 1991, p. 139–159.