

С. Д. Штовба, к. т. н., доц.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ СОФТ-КОМПЬЮТИНГА

Описана разработанная автором автоматизированная система обеспечения надежности алгоритмических процессов в условиях неопределенности. Теоретическую основу системы составляют методы софт-компьютинга.

Ключевые слова: алгоритмический процесс, надежность, моделирование, оптимизация, идентификация, софт-компьютинг, нечеткие числа.

Введение

В последние годы благодаря доступности Интернета, разнообразным научным АРМам и инженерным САПРам длительность цикла “идея – исследование – промышленное использование” сократилась в несколько раз. Увеличение количества элементов, усложнение алгоритмов функционирования и быстрое моральное старение систем привело к тому, что накопление всех данных для традиционного моделирования надежности часто будет длиться дольше не только за этап проектирования и испытания, но и за короткий жизненный цикл современных продуктов. Подобные ситуации возникают не только во время разработки таких динамических продуктов как программное обеспечение, но и в более инерционных отраслях, например, в полупроводниковой индустрии [1]. Отсутствие необходимой информации про надежность элементов обусловлено такими причинами:

- Наличие в анализируемой системе уникальных компонентов с новыми элементами, принципами конструирования или условиями эксплуатации требует длительных и дорогих экспериментов для определения их надежности, которые почти никто не проводит в полном объеме[2];
- по отдельным экспериментальным данным трудно статистически достоверно определить характеристики высоконадежных компонентов с вероятностью отказов меньше чем 10^{-7} , ч⁻¹, которые, например, в аэрокосмической индустрии используются с 1980-х [3];
- для систем, которые развиваются, в принципе, невозможно оценить показатели надежности экспериментально, потому что никто не согласится “заморозить” развитие системы только ради получения статистических данных [2];
- отсутствует достоверная информация про надежность многих новых элементов. В СССР такую информацию систематизировали главные отраслевые институты – “ЦНИИ-22”, “Электростандарт” и другие. Сегодня, выжившие главные институты уже не в состоянии восстановить прерванные информационные потоки [4];
- недостоверность баз статистических данных о надежности элементов из-за ошибок пользователей в определении типа дефекта, времени его возникновения, режима работы и т. п. [3]. По крайней мере в СССР ошибки заполнения первичных форм учета отказов достигли 40% [4]. Кроме того, много данных в справочные издания попали с ТУ на производство. Но часто в ТУ эти значения записывали так, чтобы быть не хуже иностранного аналога, а не рассчитывались по результатам специальных исследований или наблюдений во время эксплуатации [5];
- даже если данные про характеристики надежности собраны в реальных условиях, они резко теряют релевантность из-за быстрого изменения программного обеспечения, аппаратуры, квалификации персонала, стереотипов поведения, условий и цели деятельности и т.п.

В теории надежности сложных систем сложились 2 принципиально разных подхода [6]: 1) элементный S -подход, модели надежности которого построены на основе структуры системы и характеристик надежности ее элементов; 2) функциональный F -подход, модели надежности которого построены на основе структуры выполняемых функций, то есть на основе алгоритма функционирования системы. S -подход соответствует классической теории надежности систем [7 – 9], основными показателями которой является вероятность безотказной работы и коэффициент готовности. Как начальные данные для моделирования надежность используется вероятностно-временные характеристики отказов – случайных событий потери работоспособности. F -подход: составляют теория надежности алгоритмов [10 – 13], теория надежности человеко-машинных систем [6, 14 – 18], теория надежности трудовых и технологических процессов [19 – 21]. По F -подходу обобщенным показателем надежности выступает вероятность достижения [6], которая для прикладных задач интерпретируется показателями безошибочности, бездефектности, достоверности, своевременности и т.п.

Обычно, наиболее полно надежность систем можно описать комбинируя модели с S - та F -подходов. Методы прогнозирования и обеспечения S -надежности хорошо разработано как в теоретическом, так и в практическом (инженерном) аспектах. Значительно меньше исследована надежность по F -подходу, поэтому логично надеяться, что новые научные результаты именно по этому направлению приведут к значительному улучшению надежности сложных систем.

Целью статьи является представление разработанной автором автоматизированной системы обеспечения надежности алгоритмических процессов (АП) – обобщенного объекта исследования в F -подходе. Методологическая концепция системы состоит в применении идеи софт-компьютинга для решения задач прогнозирования и обеспечения надежности в условиях неопределенности начальных данных.

Алгоритмический процесс как объект прогнозирования и обеспечения надежности

Функционирование разнообразных систем с дискретным поведением рассматривают с единых позиций, представив его в виде АП, то есть развернутой во времени последовательности действий, операций или работ, исполнение которых обеспечивает достижение цели – получение продукта работы, информации, документации, знаний и т.п. [13]. Типичными представителями АП являются процессы функционирования компьютерных сетей, процессы обработки информации и принятия решений, технологические процессы производства продукции, процессы функционирования человеко-машинных систем, инженерное проектирование, выполнение научно-исследовательских работ, процессы обучения, алгоритмы деятельности и т.д. Перечисленные процессы можно формализовать неким алгоритмом с такими свойствами [22]:

- он состоит из элементарных операций, которые составляют конечное множество;
- последовательность операций алгоритма детерминирована;
- одновременно может выполняться дискретное, заранее определенное количество операций;
- переход из начального состояния в финальное осуществляется за конечное количество операций.

В дальнейшем будем рассматривать АП, который представляется в виде регулярного алгоритма в системе алгоритмических алгебр В. Глушкова [23]. При проектировании АП возникает необходимость его анализа

и синтеза по критериям надежности. На этапе управления надежностью необходимо уметь диагностировать и адаптировать АП. При проведении анализа, синтеза, диагностирования и адаптации АП возникает необходимость решения задач моделирования, оптимизации и идентификации надежности (рис. 1). *Задача моделирования* состоит в расчете показателей безошибочности, своевременности, длительности и стоимости АП по его структуре и характеристиками надежности операций. Операции АП делятся на основные и вспомогательные. Без выполнения какой-либо основной операции невозможно достичь цели. Вспомогательные операции вводят в АП для улучшения его надежности. *Задача оптимизации* состоит в синтезе АП с необходимыми либо экстремальными значениями показателей надежности. *Задача идентификации* состоит в создании по результатам наблюдений математических моделей, связывающих факторы влияния с характеристиками надежности операторов и логических условий. Пик результативности исследований надежности АП выпал на конец 1980-х годов. Распад СССР привел к почти полному свертыванию исследованию в этой области, поэтому за последние 10-15 лет значительных результатов в теории надежности АП не получено.



Рис. 1. Задачи обеспечения надежности АП

Применение софт-компьютинга для обеспечения надежности в условиях неопределенности

В период простоя в теории надежности АП стремительно развивались информационные технологии – появлялись новые эффективные методы обработки данных, представления знаний, решения сложных задач оптимизации и принятия решений в условиях неопределенности. Среди них одной из наиболее перспективных является *мягкие вычисления* – симбиоз приближенных методов представления знаний и обработки данных для принятия рациональных решений по условиям частичной истинности, неточности, неопределенности и сложности реальных задач. Термин “мягкие вычисления” (от англ. – “*Soft Computing*”) ввел в начале 1990-х Л. Заде [24]. Методы софт-компьютинга за счет «мягкости», то есть толерантности до частичной истинности, неточности, неопределенности и сложности сложных реальных задач, образуют удобные механизмы принятия рациональных решений без значительных затрат на исследования [25]. Софт-компьютинговые технологии наследуют механизмы интеллектуальной деятельности человека, поэтому являются прозрачными и понятными даже для исследователей с невысокой математической квалификацией. С методологической точки зрения мягкие вычисления являются соединением нечеткой логики, нейронных сетей, вероятностного вывода, генетических алгоритмов и других природных вычислительных методов, например, муравьиных алгоритмов. Эти методы дополняют друг друга, а не конкурируют между собой.

Такая коалиция методов является синергетической в том смысле, что обычно, лучший эффект достигается от общего, а не от изолированного применения компонентов [25]. Такой подход обеспечивает эффективное решение как известных, так и новых сложных научных и прикладных задач в разных областях.

Очевидно, что возросло противоречие между потребностями практики в обеспечении надежности все более сложных систем, состоянием развития теории надежности АП и возможностью современных информационных технологий. Большинство методов моделирования и оптимизации надежности АП, которые созданы в конце XX века, сегодня уже не являются эффективными. Кроме того, некоторые задачи обеспечения надежности АП даже не пытались формализовать из-за отсутствия в то время информационных технологий для их хотя бы приближенного решения. Таким образом, возникла проблема прогнозирования и обеспечения надежности АП при отсутствии характеристик элементов, необходимых для традиционного моделирования и оптимизации достоверных количественных оценок. Решение этой проблемы возможно за счет разработки на базе современных софт-компьютерных информационных технологий нового методологического подхода к теории надежности АП, которая позволит эффективно решить как новые, так и известные задачи оценивания и обеспечения надежности. Основу софт-компьютерного обеспечения надежности АП составляют научные результаты публикаций [26 – 46]. На них и основывается автоматизированная система обеспечения надежности АП, которая описана ниже.

Автоматизированная система обеспечения надежности АП

Автоматизированная система обеспечения надежности АП реализована в программной среде MATLAB. Система автоматизирует наиболее трудоемкие процедуры идентификации, моделирования и оптимизации надежности АП. Архитектура системы изображена на рис. 2. Используются такие обозначения: “Ядро” – ядро программной среды MATLAB; “FLT” – пакет Fuzzy Logic Toolbox; “StT” – пакет Statistics Toolbox; “OptT” – пакет Optimization Toolbox; “GAT” – пакет Genetic Algorithms and Direct Search Toolbox; “EFLT” – авторский пакет Extended Fuzzy Logic Toolbox.

Программы, автоматизирующие расчеты по моделям и алгоритмам нечеткой идентификации и принятия решений выделены в пакет Extended Fuzzy Logic Toolbox, потому что они полезны не только для обеспечения надежности АП в условиях неопределенности, но и в других областях нечеткого моделирования. Пакет Extended Fuzzy Logic Toolbox состоит из 12 модулей (табл. 1), часть из которых доступна на сайте <http://matlab.exponenta.ru> через авторский раздел “Fuzzy Logic Toolbox”. Специфические компоненты автоматизированной системы описаны в табл. 2.

В автоматизированной системе данные (Value) про безошибочность, длительность, стоимость и другие характеристики надежности элементов АП представлены структурой (рис. 3а) с двумя полями: Crisp – четкое числовое значение и Fuz – нечеткое значение. Если надежность элемента АП зависит от факторов, тогда структура данных будет иметь еще 2 дополнительных поля (рис. 3б): Model – название m-файла, который реализовывает модель многофакторной зависимости надежности и Factors – текущие значения факторов. Поле Value.Factors задано структурой на рис. 3а. Поле Value.Fuz задано структурой на рис. 3в. Нечеткое значение можно задать:

- /-формой нечеткого числа [13] в поле Fuz.L_form;
- α -формой нечеткого числа [13] в поле Fuz.A_form;
- перечислением элементов и степеней надежности в поле Fuz.Mu_form;
- параметрической функцией надежности в поле Fuzzy.P_form.

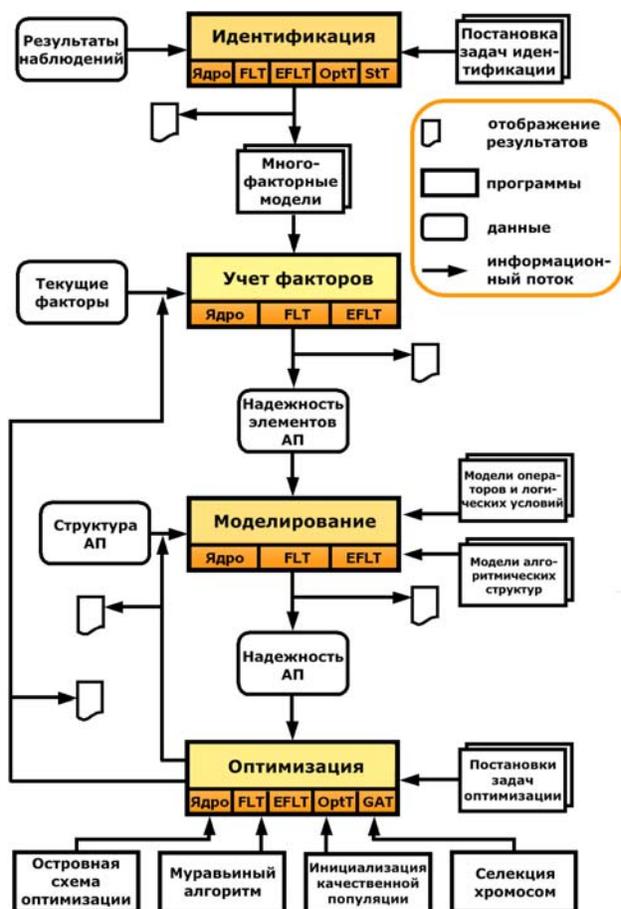


Рис. 2. Архитектура автоматизированной системы обеспечения надежности АП

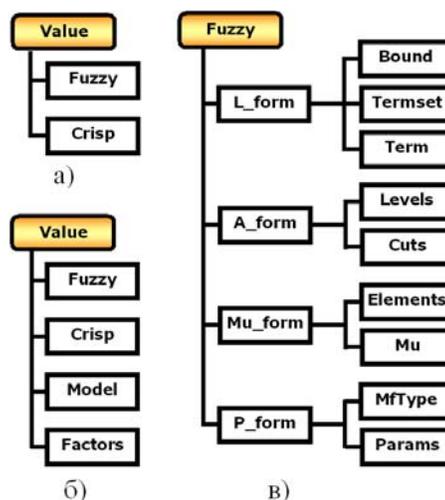


Рис. 3. Структуры данных автоматизированной системы: а) общая структура данных; б) структура данных для описания многофакторной зависимости надежности элементов АП; в) структура нечетких данных.

Таблица 1

Состав разработанного пакета Extended Fuzzy Logic Toolbox

| Название модуля | Публикации |
|---|--------------|
| Проектирование нечетких классификаторов | [28, 35, 43] |
| Проектирование иерархических нечетких моделей | [28, 35] |
| Обучение нечеткой модели Мамдани | [35, 38] |
| Защита прозрачности нечеткой модели во время обучения | [32, 38] |
| Нечеткое выведение при нечетких начальных данных | [28, 29, 35] |
| Синтез нечетких чисел по результатам нечеткого выведения | [31, 37] |
| Выведение по базе знаний Сугено с нечеткими коэффициентами | [46] |
| Синтез функции независимости через кластеризацию экспериментальных данных | [31, 33] |
| Конвертор нечетких чисел | [35, 36, 41] |
| Нечеткий регрессионный анализ | [30, 31] |
| Синтез нечетких чисел II-го типа | [30] |
| Принятие решений в нечетких условиях по схеме Беллмана-Заде | [34, 35, 36] |

Таблица 2

Состав специфических модулей разработанной автоматизированной системы

| Название модуля | Описание модуля | Публикации |
|--|---|----------------------------|
| Постановка задач идентификации | Библиотека постановок задач идентификации надежности операторов и логических условий АП | [28–32, 35, 37–39, 43] |
| Многофакторные модели | Библиотека многофакторных моделей четких и нечетких операторов и логических условий АП | [30, 31–35, 37–39, 43, 45] |
| Модели операторов и логических условий | Библиотека моделей четкой и нечеткой надежности операторов и логических условий АП | [13, 36, 40–42] |
| Модели алгоритмических структур | Библиотека моделей четкой и нечеткой надежности алгоритмических структур | [13, 36, 40–42] |
| Постановка задач оптимизации | Постановки задач четкой и нечеткой оптимизации надежности АП | [26, 36, 44] |
| Островная схема оптимизации | Реализация взаимодействия генетического и муравьиного алгоритмов оптимизации по островной схеме | [27, 36] |
| Муравьиный алгоритм | Реализация муравьиного алгоритма структурной оптимизации АП | [36] |
| Инициализация качественной популяции | Инициализация качественной начальной популяции хромосом для оптимизации надежности АП | [36, 44] |
| Селекция хромосом | Селекция хромосом для четкой и нечеткой оптимизации надежности АП | [36, 44] |

Назначение остальных полей структуры Fuz такое:

Fuz.L_form.Bound – границы носителя нечеткого числа;

Fuz.L_form.Termset – терм-множество лингвистической переменной;

Fuz.L_form.Term – текущее значение лингвистической переменной;

Fuz.A_form.Levels – массив α -уровней нечеткого числа;

Fuz.A_form.Cuts – массив α -срезов нечеткого числа;

Fuz.Mu_form.Levels – массив элементов универсума;

Fuz.Mu_form.Mu – массив степеней принадлежности элементов универсума

нечеткого числа;

Fuz.P_form.MfType – тип параметрической функции независимости;

Fuz.P_form.Params – вектор параметров функции независимости.

В автоматизированной системе структура АП задается списком редукционных подстановок. Каждый ряд этого списка имеет такой вид:

<Type Out_name Element1 Element2 Element3 Element4>,

где Out_name – идентификатор алгоритмической структуры;

Element1, ..., Element4 – идентификаторы операторов и логических условий структуры;

Type – тип алгоритмической структуры.

Например, АП $\{Z [A_1^{N_1}, A_2 (E \vee R_1)]\}$, который укрупняем по схеме

$$\underbrace{\underbrace{\overbrace{A_3}^{A_3} [A_1^{N_1}, \underbrace{A_2 (E \vee R_1)}_{A_4}]}_{\omega_1}}_{\omega_2} \} .$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{A_5}$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{A_6}$

Зададим таким списком m-функций:

A3=Multi_structure (A1, N1);

A4=AWR_structure (A2, ω_1 , R1);

```
A5=aParallel_structure(A3, A4);
A6=Cycle_structure(Z, A5, ω2).
```

Выводы

Обнаружено проблему обеспечения надежности АП из-за отсутствия необходимых для традиционного моделирования и оптимизации достоверных количественных оценок характеристик операторов и логических условий. Обосновано целесообразность решения этой проблемы путем разработки нового методологического подхода к теории надежности АП на основе принципов софт-компьютинга. Этот новый методологический подход реализован в виде автоматизированной системы обеспечения надежности АП условий неопределенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cheng W.-T. K., Huang C. H.-J. Practical "Building-in Reliability" Approaches for Semiconductor Manufacturing // IEEE Transactions on Reliability. – 2002. – Vol. 4. – P. 469–481.
2. Гнеденко Б. В., Ушаков И. А. Современная теория надежности: состояние, проблемы, перспективы // Надежность и контроль качества. – 1989. – №1. – С. 6–22.
3. Hryniewicz O. Fuzzy Sets in Evaluation of Reliability. In "Computational Intelligence in Reliability Engineering. Vol. 39: Evolutionary Techniques in Reliability Analysis and Optimization". (Ed. G. Levitin). – Springer, 2007.
4. Аронов И. З., Бурдасов Е. И. Оценка надежности по результатам сокращенных испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 184 с.
5. Шпер В. Реферативный аналитический обзор наиболее значимых публикаций в отечественной и зарубежной периодике по вопросам оценки надежности продукции, в том числе об опыте предприятий. Ч. 1. // Надежность: вопросы теории и практики. – 2006. – №3. – С. 122–148.
6. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука, 1982. – 270 с.
7. Козлов Б. А., Ушаков И. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М.: Сов. радио, 1975. – 472 с.
8. Надежность технических систем. Справочник / Беляев Ю. К., Богатырев В. А., Болотин В. В. и др. Под ред. Ушакова И. А. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
9. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. – СПб.: ВHV, 2006. – 704 с.
10. Бондарь Ю. В., Сафонов И. В. Об одном методе оптимального использования алгоритмической избыточности // Автоматика и вычислительная техника. – 1975. – №3. – С. 26–29.
11. Зингер Н. С., Куцык Б. С. Обеспечение достоверности данных в автоматизированных системах управления производством. – М.: Наука, 1974. – 136 с.
12. Пивоваров А. Н. Методы обеспечения достоверности информации в АСУ. – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.
13. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечеткая надежность алгоритмических процессов. – Винница: Континент–ПРИМ, 1997. – 142 с.
14. Ашерев А. Т., Сажко Г. І. Ергономіка інформаційних технологій: оцінка, проектування, експертиза. Навч. посіб. – Харків: УПА, 2005. – 243 с.
15. Гвоздик М. И., Евграфов В. Г., Цой Е. Б. Оптимизация организационно-технических систем ВМФ. Методы. Алгоритмы. Программы. – СПб.: ВВМУРЭ, 1997. – 223 с.
16. Губинский А. И., Евграфов В. Г. Эргономическое проектирование судовых систем управления. – Л.: Судостроение, 1977. – 224 с.
17. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, Проектирование, Испытания: Справочник / Адаменко А. Н., Губинский А. И. и др. – М.: Машиностроение, 1993. – 528с.
18. Попович П. Р., Губинский А. И., Колесников Г. М. Эргономическое обеспечение деятельности космонавтов. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.
19. Вигман Б. А. Стохастические модели контроля // Управляющие системы и машины. – 1973. – №2. – С. 112–115.
20. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.
21. Ротштейн А. П., Кузнецов П. Д. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий. – К.: Техніка, 1992. – 180 с.
22. Кузнецов О. П., Адельсон-Вельский Г. М. Дискретная математика для инженера. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.

23. Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л. Алгебра. Языки. Программирование. – К.: Наук. думка, 1978. – 320 с.
24. Zadeh L. Fuzzy Logic and Soft Computing: Issues, Contentions and Perspectives // Proc. of IZUKA'94: Third Int. Conference on Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing, Iizuka (Japan), 1994. – P. 1–2.
25. Zadeh L. Applied Soft Computing – Foreword // Applied Soft Computing. – 2001. – Vol. 1. – P. 1–2.
26. Ротштейн О. П., Штовба С. Д. Оптимізація багатовимірних технологічних процесів генетичними алгоритмами // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – №2. – С. 7–13.
27. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы: теория и применение // Программирование. – №4. – 2005. – С. 1–16.
28. Панкевич О. Д., Штовба С. Д. Діагностування тріщин будівельних конструкцій за допомогою нечітких баз знань: монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 108 с.
29. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Идентификация нелинейной зависимости нечеткой базой знаний с нечеткой обучающей выборкой // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – №2. – С. 17–24.
30. Штовба С. Д. Нечеткая идентификация на основе регрессионных моделей параметрической функции принадлежности // Проблемы управления и информатики. – 2006. – №6. – С. 38–44.
31. Штовба С. Д. Навчання нечіткої бази знань за вибіркою нечітких даних // Штучний інтелект. – 2006. – №4. – С. 560–570.
32. Штовба С. Д. Запобігання втрати прозорості нечітких моделей при навчанні за експериментальними даними // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №6. – С. 39–45.
33. Штовба С. Д. Побудова функцій належності нечітких множин за кластеризацією експериментальних даних // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – №2. – С. 92–95.
34. Ротштейн А. П., Штовба С. Д., Штовба Е. В. Многокритериальный выбор бренд-проекта с помощью нечетких парных сравнений альтернатив // Управление проектами и программами. – 2006. – №2. – С. 138–146.
35. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
36. Ротштейн О. П., Штовба С. Д., Козачко О. М. Моделювання та оптимізація надійності багато-вимірних алгоритмічних процесів: монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2007. – 211 с.
37. Штовба С. Д. Настройка нечеткой модели по обучающей выборке с нечетким выходом // Кибернетика и системный анализ. – 2007. – №3. – С. 26–32.
38. Штовба С. Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №4. – С. 102–114.
39. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Применение нечеткой базы знаний Сугено для моделирование надежности человека-оператора // Надежность. – 2007. – №1. – С. 13–20.
40. Штовба С. Д. Нечіткі моделі надійності алгоритмічних структур // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – №2. – С. 110–119.
41. Штовба С. Д. Нечіткі матричні моделі надійності алгоритмічних процесів за сумісних помилок // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – №3. – С. 51–60.
42. Штовба С. Д. Матричні моделі надійності алгоритмічних процесів за сумісності помилок різних типів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – №4. – С. 107–114.
43. Штовба С. Д. Порівняння критеріїв навчання нечіткого класифікатора // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – №6. – С. 84–91.
44. Rotshtein A., Shtovba S. Genetic Optimization of Multidimensional Technological Process Reliability. In “Computational Intelligence in Reliability Engineering. Vol. 39: Evolutionary Techniques in Reliability Analysis and Optimization”. (Ed. G. Levitin). – Springer, 2007. – P. 287–300.
45. Ротштейн О. П., Штовба С. Д. Нечітке моделювання безпомилковості набору тексту оператором // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2008. – №1. – С. 76–82.
46. Штовба С. Д. Ідентифікація залежностей нечіткою базою знань з нечіткими регресійними рівняннями: матеріали X Міжн. науково-технічної конференції “Системний аналіз та інформаційні технології. – К.: НТТУ “КПІ”. – 2008. – С. 257.

Штовба Сергей Дмитриевич – к. т. н., доцент, профессор кафедри комп'ютерних систем управління, тел. 0432-598430, shtovba@ksu.vstu.vinnica.ua www.vinnitsa.com/shtovba
Винницкий национальный технический университет.