

Розглядається задача формалізації опису функціональної сітки алгоритму діяльності оператора систем «людина-машина». Розроблено мову опису функціональних сіток для моделюючого кваліметричного комплексу ерготехнічних систем.

Ключові слова: алгоритм функціонування, функціональна сітка, алфавіт мови, функціональні одиниці

Рассматривается задача формализации описания функциональной сети алгоритма деятельности оператора систем «человек-машина». Разработан язык описания функциональных сетей для моделирующего кваліметрического комплекса эрготехнических систем

Ключевые слова: алгоритм функционирования, функциональная сеть, алфавит языка, функциональные единицы

The task of formalization of description of functional network of algorithm of activity of operator of the systems of «man-machine» is examined. The language of description of functional networks is developed

Keywords: algorithm of functioning, functional network, alphabet of language, functional units

ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРУЮЩЕГО КВАЛИМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Е. А. Лавров

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра информационных систем в менеджменте
Национальный университет биоресурсов и
природопользования Украины
ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041
Контактный тел.: (050) 691-37-33
E-mail: prof_lavrov@mail.ru

Н. Б. Пасько

Старший преподаватель
Кафедра кибернетики и информатики
Сумской национальной аграрный университет
ул. Кирова, 160, Сумы, 40020
Контактный тел.: 050-603-06-74
E-mail: pasko_nb@mail.ru

Светлой памяти доктора технических наук профессора Анатолия Ильича Губинского посвящают авторы эту статью.

1. Введение

При решении большинства задач исследования, проектирования и испытания человеко-машинных систем (ЧМС) возникает необходимость построения модели процесса функционирования. Под этим процессом понимается совокупность действий человека-оператора (эргатический элемент) и операций, выполняемых неэргатическими элементами.

2. Анализ существующих разработок и постановка задачи исследования

Основной проблемой является удобство ввода в ЭВМ описания деятельности человека-оператора. Матема-

тической моделью процесса функционирования ЧМС является функциональная сеть обобщенного структурного метода школы проф. А.И.Губинского [1,2]. Проблемой ввода этой модели в ЭВМ с целью последующего моделирования занимались Евграфов В.Г. [2], Чабаненко П.П. [2], Адаменко А.Н. [2,3], Ротштейн А.П. [4], Цой Е.Б. [5], Гриф М.Г. [5] и др. Основными недостатками данных разработок является ориентация на компьютеры старого поколения, отсутствие наглядности и необходимость участия человека в редукции ФС (невысокий уровень автоматизации процессов анализа ФС).

Предпосылкой упрощения диалога эргономиста с ЭВМ явилось появление новых средств компьютерной техники, позволяющей без проблем реализовать в реальном времени процедуры описания, анализа и оценивания ФС.

Задачей данного исследования и является разработка моделей для реализации такого ввода информации о процессах взаимодействия человека с техническими средствами.

3. Основные результаты

3.1. Анализ требований к языку описания.

3.1.1. Анализ общих требований. Для каждого языка должны быть определены: 1) прагматика, т. е. назначение и область применения языка; 2) алфавит, т. е. допустимые символы языка; 3) лексика, т. е. словарь языка, способы образования слов из символов; 4) синтаксис, т. е. способы соединения слов в предложения; 5) семантика, т. е. значение отдельных слов, словосочетаний и предложений.

3.1.2. Анализ специфических требований, вытекающий из анализа предметной области «эрготехническая система». Исходя из анализа подходов к моделированию в эргономике, вытекающих из разработок школы проф. А.И. Губинского [1,2], сформулируем основные требования: модель должна охватывать как основные, так и вспомогательные процессы функционирования ЧМС; выбор уровня языка описания процессов функционирования ЧМС должен соответствовать семантическому уровню моделируемых процессов; язык должен быть достаточно формализован для однозначного анализа и реализации процедур редукции и оценивания показателей и допускать возможность ввода описаний неподготовленным пользователем (эргономистом).

3.2. Разработка элементов языка описания ФС.

Для оценки качества деятельности человека-оператора автоматизированным способом обобщенная структура алгоритма в виде графического изображения ФС является объектом дальнейшей формализации. Необходимо корректное описание графа работ для ввода, хранения в базе данных и выполнения оценочных операций.

Формализованным описанием функциональной сети назовем представление алгоритма функционирования ЧМС четверкой множеств:

$$OFS = \langle M1, M2, M3, M4 \rangle, \quad (1)$$

где: OFS – описание функциональной сети; M1 – множество описательных элементов, с помощью которых строится описание алгоритма деятельности с учетом событий, приводящих к возникновению, обнаружению и устранению ошибок (в том числе различных типов); M2 – множество описательных операций, задающих отношения (связи, переходы) между описательными элементами; M3 – множество оценочных элементов, т.е. вероятностно-стоимостных характеристик, с помощью которых оценивается качество выполнения описательных элементов; M4 – множество оценочных операций, т.е. операций над оценочными элементами, с помощью которых вычисляются вероятностно-временные характеристики типовых функциональных структур и всего алгоритма функционирования ЧМС. К множеству M4 относим библиотеку известных математических моделей для расчета показателей качества выполнения типовых функциональных структур с учетом одной ошибки и разработанные модели для учета ошибок различных типов [7]; Введем взаимно-однозначное соответствие: во-первых, между описательными элементами из M1 и оценочными элементами из

M3; во-вторых, между описательными операциями из M2 и оценочными операциями из M4. Это дает возможность сделать количественную оценку алгоритма функционирования ЧМС формальной процедурой: достаточно лишь описать алгоритм функционирования множествами M1 и M2, а затем выявить и заменить каждую описательную операцию из множества M2 соответствующей оценочной операцией из множества M4. Процедуру замены описательных операций их оценочными аналогами при исследовании формализованной ФС будем называть сворачиванием или редукцией ФС (по аналогии с редукцией графического представления ФС). Эта процедура основана на применении типовых функциональных структур (ТФС) и типовых функциональных единиц (ТФЕ) [1-3]. В соответствии с (1), ТФЕ соответствует описательный элемент из множества M1 вместе с соответствующими ему оценочными элементами из множества M3, а ТФС – описательная операция из множества M2 вместе с соответствующими ей оценочными операциями из множества M4.

Приведем правила построения выражений языка описания элементов формулы (1). Правила отвечают общим и специфическим требованиям к языку описания. Язык описания ФС представляет собой предметно-ориентированный язык и используется для описания графического изображения ФС при вводе ее в моделирующий квалитметрический программный комплекс, а также для описания ТФЕ (функциональных композиционеров), ТФС и протоколов редукции ФС.

При описании синтаксиса конструкции языка будем пользоваться следующими символами: ::=; < > (угловые скобки); [] (квадратные скобки); ... (многоточие). Объясним использование символов (табл. 1).

Таблица 1

Использование символов в языке описания ФС

Символ, использование символа	Объяснение использования
::=	Означает "это есть"
< объект >	Означает, что на данное место можно подставить любой объект указанного класса
[<объект >]	Означает, что объект может присутствовать, а может и не присутствовать в данном выражении
< объект >, ..., <объект>	Означает, что объектов данного класса может быть несколько
()	Круглые скобки заключают в себе список параметров.
	Вертикальной линией разделяются синтаксические элементы, среди которых нужно выбрать только один.
//	Комментарий. Используется для объяснения операций или других объектов. При вводе описания ФС игнорируется.
–	Символ «нижнее подчеркивание». Используется для формирования имен переменных, зарезервированных слов
{ }	Фигурные скобки заключают в себе повторяющуюся группу элементов (параметров)

В алфавит языка входят элементы нескольких групп.

Группа элементов «Единицы функционирования». С помощью элементов этой группы задаются функционеры (основные и дополнительные) и композиционеры (вспомогательные и служебные). Функционеры соответствуют реальным операциям или действиям человека, рабочим операциям технологического оборудования, средств вычислительной техники и программных средств в анализируемом АФ, а композиционеры – некоторым взаимосвязям операций и логическим функциям.

Элементы группы «Единицы функционирования» являются описательными элементами и принадлежать множеству M1. Обозначения основных единиц функционирования, принятые в языке описания ФС, их названия приведены в табл. 2.

Таблица 2

Описательные элементы группы «Единицы функционирования»

Номер п/п	Обозначение описательного элемента	Применение для описания
1	R	Рабочая операция
2	A	Альтернативная операция
3	K	Операция контроль функционирования
4	Z	Операция задержки
5	P	Операция контроль работоспособности
6	RD	Рабочая операция с самоконтролем работоспособности
7	RK	Рабочая операция с самоконтролем функционирования
8	RKP	Рабочая операция с самоконтролем работоспособности и функционирования
9	SI	Стартер "И"
10	SVK	Стартер "ИЛИ включить"
11	SIS	Стартер "ИЛИ исключить"
12	FI	Финишер "И"
13	FVK	Финишер "ИЛИ включить"
14	FIS	Финишер "ИЛИ исключить"
15	ZF	Циклоформирователь
16	S	Стартер

Группа элементов «Зарезервированные слова языка описания ФС»:

TFS_ – общее обозначение типовой функциональной структуры;

TFE_ – общее обозначение типовой функциональной единицы;

SHAG_ общее обозначение шага редукции ФС. Данное ключевое слово используется для описания протокола редукции ФС;

OFS - обозначение описания функциональной сети;

PROTOKOL_SV_FS – обозначение протокола сворачивания функциональной сети.

Группа элементов «Функциональные структуры». Элементы этой группы идентифицируют (обозначают) типовые функциональные структуры (описательные операции), которые образуются из описательных элементов - единиц функционирования, и связей, задающих отношения между описательными элементами. Примеры элементов этой группы:

TFS_RR - Последовательность выполнения рабочих операций;

TFS_RK - Рабочая операция с контролем функционирования без ограничения на количество циклов;

TFS_RKR - Рабочая операция с контролем функционирования, доработкой и повторением рабочей операции без ограничения на количество циклов;

TFS_PR - Контроль работоспособности с ремонтом без ограничения на количество циклов.

Группа элементов «Связи между единицами функционирования». Элементы этой группы принадлежат множеству M2 (формула 1) и описывают отношения между последовательно выполняемыми единицами функционирования, отображают, как соединены и в какой последовательности выполняются единицы функционирования. Элементы группы принимают целочисленные значения, означающие номер операции в функциональной сети, выполняющейся после текущей. Обозначение связей между единицами функционирования:

Npp – номер по порядку ТФЕ в структуре алгоритма;
v1 – номер ТФЕ, следующей после данной по основному направлению алгоритма;

v2 – номер ТФЕ, следующий после текущей ТФЕ "контроль функционирования" в случае ошибочного выполнения рабочей операции;

v3 - номер ТФЕ, следующий после текущей ТФЕ "контроль работоспособности" в случае ошибочного выполнения рабочей операции;

v4– номер ТФЕ продолжения цикла, следующей после данной операции;

v5– номер ТФЕ, следующей за данной и означающей выход из цикла;

kc- ограничение на количество повторений в цикле

Группа переменных «Показатели качества выполнения операций». Переменная, так же как и в математике, - это объект, имеющий имя и значение. Имя служит для обозначения объекта. Конкретное значение переменной приобретает в процессе задания значения оценочным элементам (элементам множества M3), т.е. вероятностно-временным характеристикам, с помощью которых оценивается качество выполнения описательных элементов.

Примеры зарезервированных имен переменных для обозначения показателей качества выполнения алгоритмов деятельности, ТФС, ТФЕ и для обозначения надежностных характеристик выполнения операций каждым оператором системы в общем виде:

B – вероятность безошибочного выполнения алгоритма, ТФС;

V1– вероятность безошибочного выполнения ТФЕ;

V0– вероятность ошибочного выполнения ТФЕ;

MT – математическое ожидание времени выполнения;

DT – дисперсия времени выполнения;

K11 – условная вероятность того, что проверяемая операция при фактически правильном выполнении будет признана правильной;

K00 – условная вероятность того, что проверяемая операция при фактически неправильном выполнении будет признана неправильной;

Другие переменные, используемые для описания алгоритмов деятельности операторов:

ER – количество вносимых, выявляемых и устраняемых ошибок в операциях;

Operator – переменная для идентификации оператора системы;

Operation – переменная для идентификации выполняемой операции;

pametfe – наименование ТФЕ; te – обозначение ТФЕ в структуре алгоритма;

tfe – обозначение эквивалентной ТФЕ.

Правила образования имен переменных для задания значений показателям качества конкретных операций и ТФС следующие.

Для показателей качества конкретной ТФЕ алгоритма функционирования имя переменной формируется по такой схеме:

<имя переменной для описания ТФЕ> ::= <зарезервированное имя переменной>

[< m >] < обозначение ТФЕ > < [e] N >, (2)

где: e – необязательный символ, используемый для обозначения эквивалентной ТФЕ; m- номер типа ошибки; указывается в том случае, когда учитываются разные типы ошибок; N – целое число, используемое для обозначения ТФЕ в структуре алгоритма.

Примеры имен переменных для задания значений показателям качества выполнения конкретных ТФЕ:

V1_R1 - вероятность безошибочного выполнения рабочей ТФЕ с номером 1;

V1_1_R2 - вероятность безошибочного выполнения рабочей ТФЕ с номером 2 по 1-му типу ошибки;

V1_Re1 - вероятность безошибочного выполнения эквивалентной рабочей ТФЕ с номером 1;

K11_K1 - условная вероятность того, что операция контроля K1 при фактически правильном выполнении будет признана правильной;

MT_R1 - математическое ожидание времени выполнения рабочей ТФЕ с номером 1.

Для показателей качества конкретной ТФС в обобщенной структуре алгоритма функционирования имя переменной формируется по такой схеме:

<имя переменной для описания ТФС> ::= <зарезервированное имя переменной>

[< m >] < обозначение ТФС >, (3)

где: m- номер типа ошибки; указывается в том случае, когда учитываются разные типы ошибок.

Примеры имен переменных для задания значений показателям качества выполнения конкретных ТФС:

V_TFS_RR - вероятность безошибочного выполнения последовательности рабочих операций.

MT_TFS_RR – математическое ожидание времени выполнения последовательности рабочих операций.

Образования имен переменных для задания обозначений ТФЕ в структуре алгоритма выполняется по следующей схеме:

<Имя переменной для обозначения ТФЕ> ::= te_n, n=1,2,...

Имена этих переменных используются для описания протокола редукции. Переменные имеют текстовый тип и принимают значения, равные обозначениям ТФЕ в структуре алгоритма. В протоколе редукции на каждом шаге задают список обозначений сворачиваемых ТФЕ.

Определим правила представления типовых функциональных единиц, типовых функциональных структур и обобщенной структуры алгоритма на языке опи-

сания ФС с учетом введенных групп элементов языка, зарезервированных слов и переменных:

Представление ТФЕ. Запись должна содержать общее и конкретное обозначение ТФЕ, обозначения показателей качества выполнения операции. Для обозначения используются элементы группы «Единицы функционирования», зарезервированное слово TFE_ и переменные для идентификации показателей качества выполнения:

<Представление ТФЕ> ::= TFE_ <обозначение единицы функционирования>

(<Название ТФЕ>, [ER], <переменная показателя качества>, ..., <переменная показателя качества>)

(4)

Если в описании ТФЕ не указывается значение переменной ER, т.е количество вносимых, выявляемых и устраняемых ошибок, то подразумевается, что способ учета ошибок - бинарный.

Примеры записи ТФЕ:

TFE_R(Рабочая, V1,MT,DT) – ТФЕ «Рабочая», учет ошибок - бинарный;

TFE_K(Контроль функционирования, K11,K00,MT,DT) – ТФЕ «Контроль функционирования, учет ошибок - бинарный;

TFE_R(Рабочая, 2,V1_1,V1_2,MT,DT) – ТФЕ «Рабочая», два типа ошибок.

Представление ТФС. Запись должна содержать общее и конкретное обозначение ТФС, обозначения ТФЕ, составляющих структуру, и их показатели качества. Для обозначения используются элементы групп «Единицы функционирования», «Функциональные структуры», «Связи между единицами функционирования» зарезервированные слова TFE_, TFS и переменные для идентификации показателей качества выполнения единиц функционирования. Запись состоит из левой и правой части. Левая часть – обозначение ТФС с помощью элементов группы «Функциональные структуры». Правая часть – запись ТФЕ, входящих в структуру, дополненная связями между ними. Для наглядности запись каждой ТФЕ начинается с новой строки:

<Обозначение ТФС> ::= {TFE_ <обозначение единицы функционирования> (<Название ТФЕ>, ER, Npp, v1, [v2], [v3], [v4], [v5], [kc], <переменная показателя качества>, ..., <переменная показателя качества>)},

(5)

где: ER - количество учитываемых ошибок; Npp – номер по порядку ТФЕ в функциональной структуре; pametfe – наименование ТФЕ;

v1 – номер ТФЕ в функциональной структуре, следующей после данной по основному направлению алгоритма;

[v2] – номер ТФЕ в функциональной структуре, следующий после текущей ТФЕ "контроль функционирования" в случае ошибочного выполнения рабочей операции;

[v3] - номер ТФЕ в функциональной структуре, следующий после текущей ТФЕ "контроль работоспособности" в случае ошибочного выполнения рабочей операции;

[v4] – номер ТФЕ в функциональной структуре, означающей продолжение цикла и следующей после данной операции;

[v5] – номер ТФЕ в функциональной структуре, следующей за данной и означающей выход из цикла; [kc]- ограничение на количество повторений в цикле.

Пример записи ТФС «Рабочая операция с контролем функционирования без ограничения на количество циклов» на языке описания ФС:

$TFS_RK = \{TFE_R(\text{Рабочая}, ER, 1, 2, B1_1, \dots, B1_ER, MT, DT)$

$TFE_K(\text{Контроль функционирования}, ER, 2, 3, 1, K11_1, \dots, K11_ER, K00_1, \dots, K00_ER, MT, DT)\}$

Представление ФС. Запись должна содержать обозначение ФС, обозначения ТФЕ, составляющих структуру алгоритма и их показатели качества. Для обозначения используются элементы групп «Единицы функционирования», «Функциональные структуры», «Связи между единицами функционирования», зарезервированные слова TFE_, FS и переменные для идентификации показателей качества выполнения операций. Запись состоит из левой и правой части. Левая часть – обозначение ФС зарезервированным словом OFS. Правая часть – запись ТФЕ, входящих в структуру алгоритма, дополненная связями между ними.

Разработаем систему правил формирования формализованного описания ФС:

1. Первой операцией в описании ФС должна быть операция «Стартер», последней – «Финишер».
2. Номер первой операции ФС – стартер для всей функциональной сети, должен быть равен единице.
3. Нумеровать и вводить операции необходимо в том порядке, в каком они встречаются в ФС.
4. Элементы, описывающие операцию, отделяются друг от друга запятой.
5. Целая и дробная часть числа отделяются точкой.
6. Каждая запись описания начинается с новой строки.

Учитывая указанные требования и обозначения, получим следующее формальное представление функциональной сети на языке описания ФС:

$\langle OFS \rangle ::= \{TFE_ \langle \text{обозначение единицы функционирования} \rangle \langle \text{Название ТФЕ} \rangle, [ER], te, Npp, v1, [v2], [v3], [v4], [v5], [kc], \langle \text{переменная показателя качества} \rangle, \dots, \langle \text{переменная показателя качества} \rangle\},$ (6)

где: ER – количество учитываемых ошибок;

Npp – номер по порядку ТФЕ в структуре алгоритма; te – обозначение ТФЕ в структуре алгоритма; name – наименование ТФЕ;

v1 – номер ТФЕ в структуре алгоритма, следующей после данной по основному направлению алгоритма;

[v2] – номер ТФЕ в структуре алгоритма, следующий после текущей ТФЕ "контроль функционирования" в случае ошибочного выполнения рабочей операции;

[v3] – номер ТФЕ в структуре алгоритма, следующий после текущей ТФЕ "контроль работоспособности" в случае ошибочного выполнения рабочей операции;

[v4] – номер ТФЕ в структуре алгоритма, означающей продолжение цикла и следующей после данной операции;

[v5] – номер ТФЕ в функциональной структуре, следующей за данной и означающей выход из цикла;

[kc] – ограничение на количество повторений в цикле.

Представление протокола сворачивания ФС. Описание протокола редукции функциональной сети на языке описания ФС должно содержать номер шага

редукции, обозначения выявленных в структуре алгоритма ТФЕ для сворачивания, обозначение эквивалентных ТФЕ, показатели качества выполнения сворачиваемых структур. Для обозначения используются элементы группы переменных, группы функциональных структур, группы показателей качества выполнения операций. Запись состоит из левой и правой части. Левая часть – обозначение протокола сворачивания зарезервированным словом ПРОТОКОЛ_SV_FS. Правая часть – описание шагов редукции. Для наглядности описание каждого шага редукции начинается с новой строки:

$\langle \text{ПРОТОКОЛ_SV_FS} \rangle ::= \{SHAG_N(\langle \text{обозначение ТФЕ в структуре алгоритма} \rangle, \dots, \langle \text{обозначение ТФЕ в структуре алгоритма} \rangle, \langle \text{обозначение сворачиваемой ТФС} \rangle, \langle \text{обозначение эквивалентной ТФЕ} \rangle, \langle \text{переменная показателя качества} \rangle, \dots, \langle \text{переменная показателя качества} \rangle\}$ (7)

Описание типовых структур и обобщенной структуры алгоритма на языке описания ФС обеспечивает возможность их сравнения, что позволяет выявлять ТФС в структуре алгоритма, и заменять их на эквивалентные ТФЕ.

На основе анализа [1-3] сформулируем следующее утверждение: «ТФС будет выявлена в структуре алгоритма на одном из шагов редукции, если в структуре алгоритма существует последовательность ТФЕ, аналогичная по составу последовательности ТФЕ данной ТФС, а все значения элементов связи, описывающие данные ТФЕ, отличаются от соответствующих значений элементов связи, описывающих такие же ТФЕ в функциональной структуре, на одно и то же число, равное номеру первой ТФЕ, выявленной в структуре алгоритма, минус единица».

3.4 Пример редукции функциональной сети с применением языка описания ФС

В качестве примера рассмотрим функционирование системы безопасности супермаркета, разработанного Ашеровым А.Т. в [8], (стр.99).

Процесс функционирования приведен на рис. 1. Элементами модели являются следующие операции:

1. Включение сканера и звуковой системы, реагирующей на несанкционированный вынос товара (вып. оператор, рабочая операция P1).

2. Контроль сигнала о том, что сканер - звуковая система включены (выполняет оператор, контрольная операция K1);

3. Замена неисправных датчиков (выполняет оператор, рабочая операция P2).

4. Восприятие сигнала о несанкционированном выносе товара (выполняет охранник у выхода, рабочая операция P3);

5. Контроль, что сигнал правильный (проверка: горит ли красная лампочка на сканере) (выполняет охранник у выхода, контрольная операция K2).

6. Сообщение информации отряду охраны о нарушении и местонахождении нарушителя (выполняет охранник у выхода, рабочая операция P4).

7. Контроль достоверности сигнала о выносе товара (проверка на наличие товара у нарушителя) (выполняет охрана, контрольная операция K3).

8. Задержка нарушителя и изъятие товара (вып. охрана, рабочая операция P5).

Структура алгоритма функционирования показана на рис. 1.

Исходные данные. Исходные данные для расчета показателей качества функционирования представлены в таблице 3 для рабочих операций, в табл. 4 - для контрольных операций.

Таблица 3

Показатели безошибочного выполнения рабочих операций

Показатели		Операции				
		P1	P2	P3	P4	P5
Вероятность В1		0,999	0,998	0,998	0,992	0,998
Временной	M, с	8,0	13,2	3,6	2,1	52,3
	D, с2	0,7	11,2	0,2	0,1	5,1

Таблица 4

Показатели безошибочного выполнения контрольных операций

Показатели		Операции		
		K1	K2	K3
Вероятность	K ¹¹	0,998	0,997	0,987
	K ⁰⁰	0,999	0,989	0,991
Временной	M, с	3,2	2,1	48,6
	D, с2	0,2	0,1	4,3

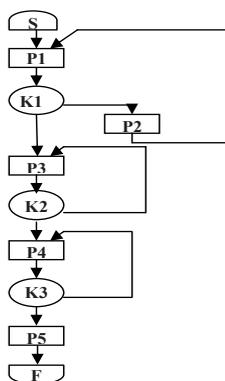


Рис. 1 Алгоритм функционирования системы безопасности супермаркета

Представление обобщенной структуры алгоритма на языке описания ФС выполняем в соответствии с формулой (6) и приведенными правилами. Задаем фактические значения элементам группы «Единицы функционирования», переменным показателям качества выполнения операций и элементам связи между функциональными единицами. Тогда получим:

$$\begin{aligned}
 OFS &= TFE_S(Стартер, S, 1, 2) \\
 &TFE_R(Рабочая, P1, 2, 3, 0.999, 8, 0, 0, 7) \\
 &TFE_K(Контроль функционирования, K1, 3, 5, 2, 0.998, 0.999, 3, 2, 0, 2) \\
 &TFE_R(Рабочая, P2, 4, 2, 0.998, 13, 2, 11, 2) \\
 &TFE_R(Рабочая, P3, 5, 6, 0.998, 3, 6, 0, 2) \\
 &TFE_K(Контроль функционирования, K2, 6, 7, 5, 0.997, 0.989, 2, 1, 0, 1) \\
 &TFE_R(Рабочая, P4, 7, 8, 0.992, 2, 1, 0, 1) \\
 &TFE_K(Контроль функционирования, K3, 8, 9, 7, 0.987, 0.991, 48, 6, 4, 3) \\
 &TFE_R(Рабочая, P5, 9, 10, 0.998, 52, 3, 5, 1) \\
 &TFE_F(Финишер, 10)
 \end{aligned}$$

Руководствуясь приведенным выше утверждением, анализируем полученную ФС на предмет выявления в ней ТФС для сворачивания. На первом шаге редукции сворачиваются первые три (после ТФЕ «Стартер») функциональные единицы (P1, K1, P2), образующие ТФС «Рабочая операция с контролем функционирования, доработкой и повторением рабочей операции без ограничения на количество циклов». Эквивалентная функциональная единица обозначается через Pe1, показатели качества определяются с помощью расчетных формул библиотеки ТФС [1]. После замены ФС примет вид:

$$\begin{aligned}
 OFS &= TFE_S(Стартер, S, 1, 2) \\
 &TFE_R(Рабочая, Pe1, 2, 3, 0.999998, 8, 366565, 2, 009) \\
 &TFE_R(Рабочая, P3, 3, 4, 0.998, 3, 6, 0, 2) \\
 &TFE_K(Контроль функционирования, K2, 4, 5, 3, 0.997, 0.989, 2, 1, 0, 1) \\
 &TFE_R(Рабочая, P4, 5, 6, 0.992, 2, 1, 0, 1) \\
 &TFE_K(Контроль функционирования, K3, 6, 7, 5, 0.987, 0.991, 48, 6, 4, 3) \\
 &TFE_R(Рабочая, P5, 7, 8, 0.998, 52, 3, 5, 1) \\
 &TFE_F(Финишер, 8)
 \end{aligned}$$

Следующие два шага редукции сворачивают функциональные единицы P3, K2 и P4, K3 в эквивалентные функциональные единицы Pe2 и Pe3, соответственно. После замены функциональная сеть примет вид:

$$\begin{aligned}
 OFS &= TFE_S(Стартер, S, 1, 2) \\
 &TFE_R(Рабочая, Pe1, 2, 3, 0.999998, 11, 2734, 2, 73327) \\
 &TFE_R(Рабочая, Pe2, 3, 4, 0.999977, 5, 728482, 0, 4646572) \\
 &TFE_R(Рабочая, Pe3, 4, 5, 0.999926, 51, 778229, 60, 322407) \\
 &TFE_R(Рабочая, P5, 5, 6, 0.998, 52, 3, 5, 1) \\
 &TFE_F(Финишер, 6)
 \end{aligned}$$

На четвертом шаге редукции сворачивается последовательность выполнения четырех рабочих операций и заменяется на эквивалентную операцию Pe4.

В результате функциональная сеть примет вид:

$$\begin{aligned}
 OFS &= TFE_S(Стартер, S, 1, 2) \\
 &TFE_R(Рабочая, Pe4, 2, 3, 0.997903, 121, 0802, 68, 62) \\
 &TFE_F(Финишер, 6)
 \end{aligned}$$

Тем самым, получена полная оценка качества выполнения всего алгоритма функционирования системы безопасности супермаркета.

Протоколов сворачивания заданной сети на языке описания ФС:

$$\begin{aligned}
 ПРОТОКОЛ_SV_FS &= SHAG_1(P1, K1, P2, TFS_RKR, Pe1, 0.999998, 11, 2734, 2, 73327) \\
 &SHAG_2(P3, K2, TFS_RK, Pe2, 0.999977, 5, 728482, 0, 464657) \\
 &SHAG_3(P4, K3, TFS_RK, Pe3, 0.999926, 51, 778229, 60, 322407) \\
 &SHAG_4(Pe1, Pe2, Pe3, P5, TFS_RR, Pe4, 0.997903, 121, 0802, 68, 62)
 \end{aligned}$$

4. Выводы

Использование языка описания функциональных сетей позволило:

1. Обеспечить удобство ввода информации о деятельности человека-оператора;
2. Создать базу данных описаний типовых процессов;
3. Исключить человека из процессов редукции ФС и, тем самым, значительно повысить удобство и оперативность системы.

Література

1. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. Л.: Наука, 1982. 270с.
2. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник/ Адаменко А.Н., Ашеро́в А.Т., Лавров Е.А. и др. под общ. ред. Губинского А.И. и Евграфова Е.Г.- М., Машиностроение, 1993. – 528с.
3. Адаменко А.Н., Мединцев А.Л. Автоматизация анализа функциональных сетей на основе использования языка исчисления предикатов и системы логического вывода «ПРОЛОГ-СМ»//Изв. ЛЭТИ. Вып. 337. 1985. С.14-21.
4. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткая надежность алгоритмических процессов. – Винница: Континент – ПРИМ, 1997г. – 142с.
5. Гриф М.Г., Цой Е.Б. Автоматизация проектирования процессов функционирования человеко-машинных систем на основе метода последовательной оптимизации. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 264 с.
6. Пасько Н.Б. Редукція функціональних сіток в ергономічному проектуванні / Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія “Механізація та автоматизація виробничих процесів”. – Суми: СНАУ, 2006. - Вип. 9(15). – С. 55-67.
7. Лавров Е.А., Пасько Н.Б. Моделирование надежности человеко-машинных систем: учет ошибок разных типов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Системы управления. – Харьков, 2007 – 2/2 (26) -2007.С.-58-62.
8. Ашеро́в А.Т., Сажко Г.И., Лавров Е.А., Хоменко В.Г., Полякова Ю.Н.. Эргономика информационных технологий в примерах и задачах: Учебное пособие. – Горловка: ЧП «Видавництво Ліхтар», 2007. – 214с.
9. Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько. Информационная модель для поддержки принятия решений оператором-руководителем// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Информационные технологии. - Харьков, 2009- 6/2 (42) с.49-53.

Стаття описує процес створення цифрової книги, що «розмовляє», у форматі DAISY. Розглянуто основні механізми побудови зв'язків між текстовими та аудіо-блоками книги, файлову структуру та основні характеристики книги у форматі DAISY

Ключові слова: Цифрова книга, що «розмовляє», люди з вадами зору, шриф Брайля, мультимедіа, контент

Статья описывает процесс создания цифровой книги, которая «разговаривает», в формате DAISY. Рассмотрены основные механизмы построения связей между текстовыми и аудио-блоками книги, файловая структура и основные характеристики книги, в формате DAISY

Ключевые слова: Цифровая книга, которая «разговаривает», люди с изъянами зрения, шриф Брайля, мультимедиа, контент

This paper presents a framework for the conversion of text books to full featured DTBs. The introduction of search, cross-referencing and annotation mechanisms, with multimedia and trough multimodal capabilities are considered

Key words: Digital Talking Book, visually impaired, Braille, multimedia, content

УДК 004.652.4+004.827

СТАНДАРТИ, СТРУКТУРА ТА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КНИГ, ЩО «РОЗМОВЛЯЮТЬ»

О.А. Лозицький
Аспірант*

В.В. Пасічник

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*
Контактний тел.: 093-500-02-13
E-mail: netexpo@yahoo.com

*Кафедра інформаційних систем та мереж
Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери 12, м. Львів, 79013

1. Вступ

У світі нараховують щонайменше 161 мільйон незрячих людей та осіб з вадами зору, з них понад 37 мільйо-

нів повністю сліпих. Ця кількість є суттєво більшою за рахунок осіб, які не можуть читати друковані матеріали, або не мають доступу до Інтернет ресурсів. Водночас менше ніж 5% опублікованого матеріалу і менш як 20% веб-сайтів є доступними для цієї категорії людей.