

УДК 004.9

С. А. Нестеренко, д-р техн. наук,
П. М. Тишин, канд. физ-мат. наук,
А. С. Маковецкий

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОНТОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ МНОГОСОРТНОГО ЯЗЫКА ПРИКЛАДНОЙ ЛОГИКИ

Рассмотрен вопрос оперативного контроля функционирования элементов сервис-ориентированных сетевых структур. Разработана модель онтологии диагностики элементов сервис-ориентированных сетевых структур, основанная на многосортном языке прикладной логики, которая позволяет рассматривать многократные наблюдения диагностических параметров.

Ключевые слова: онтология, сетевые сервисы, сетевые структуры, многосортная прикладная логика.

S. A. Nesterenko, ScD.,
P. M. Tishin, Ph.D.,
A. S. Makovetskiy

DEVELOPMENT OF ONTOLOGY DIAGNOSTIC MODEL OF SERVICE-ORIENTED NETWORK STRUCTURES BASED ON THE APPLIED POLYSORT LOGIC LANGUAGE

The question of operational control of the elements of service-oriented networking structures is examined. The ontology diagnostic model of service-oriented networking structures based on polysort language of applied logic is developed. The developed model can also consider multiple observations of diagnostic parameters.

Keywords: ontology, network services, network structure, polysort applied logic.

С. А. Нестеренко, д-р техн. наук,
П. М. Тишин, канд. физ-мат. наук,
О. С. Маковецкий

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОНТОЛОГІЇ ДІАГНОСТИКИ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНИХ МЕРЕЖЕВИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ БАГАТОСОРТНОЇ МОВИ ПРИКЛАДНОЇ ЛОГІКИ

Розглянуто питання оперативного контролю функціонування елементів сервіс-орієнтованих мережеских структур. Розроблено модель онтології діагностики елементів сервіс-орієнтованих мережеских структур, яка базується на багатосортній прикладній логіці, що дає змогу розглядати багаторазові спостереження діагностичних параметрів.

Ключові слова: онтологія, мережескі сервіси, мережескі структури, багатосортна прикладна логіка.

Современные сервис-ориентированные сетевые структуры (СОСС) являются сложными системами сбора, обработки, передачи и хранения информации и определяют основную тенденцию развития информационных систем – переход от локальных к распределенным («облачным») вычислениям. СОСС имеют распределенный характер и используют для организации передачи информации коммуникационные системы различной структуры. Данные системы включают в себя абонентские машины, вычислительные комплексы высокой производительности, на которых развернуты разнообразные сервисы, сетевую инфраструктуру, со-

держающую коммутаторы, маршрутизаторы и прочее коммуникационное оборудование, а также программные средства, реализующие системные и общецелевые задачи.

Одним из необходимых условий эффективного функционирования СОСС является штатное функционирование составляющих ее элементов. Они потенциально подвержены множеству внешних и внутренних воздействий, нарушающих штатное функционирование:

- перегрузки коммуникационных и обрабатывающих подсистем СОСС;
- отказы оборудования;
- сбои программного обеспечения;
- компьютерные вирусы;
- атаки злоумышленников.

© Нестеренко С.А., Тишин П.М.,
Маковецкий А.С., 2012

Ввиду этого особую важность приобретают разработки, связанные с оперативным контролем функционирования всех подсистем СОСС. Контроль осуществляется на уровне группы диагностических параметров, характеризующих состояние соответствующих подсистем СОСС. Выход параметра или группы параметров за допустимые пределы говорит о нештатном режиме работы соответствующей подсистемы СОСС. Постоянный мониторинг диагностических параметров позволяет оперативно реагировать на факты возникновения нештатных ситуаций в отдельных устройствах и своевременно восстанавливать их работоспособность.

В настоящее время перспективным направлением построения систем диагностики является применение методов, основанных на знаниях для поиска закономерностей в работе программных и аппаратных компонентов СОСС [4]. В свою очередь, при создании распределенных информационных и многоагентных систем, основанных на знаниях, ключевую роль стали играть онтологии.

Онтология – это явное описание (на некотором языке) смысла терминов, определяющих концептуализацию [3]. С точки зрения синтаксической структуры онтология – это совокупность модулей, связанных друг с другом ссылками, а модуль – это совокупность определений терминов (определение термина – это определение сущности либо связи \ отношения \ функции) и онтологических соглашений (соглашений о связях между смыслами различных терминов).

Целью работы является разработка модели онтологии диагностики СОСС, в которой рассматриваются многократные наблюдения диагностических параметров, причем результаты наблюдений зависят от времени наблюдения.

Поскольку основными структурными элементами современных СОСС являются сервисные и сетевые службы, то нештатные состояния в подсистемах структуры приводят к невозможности выполнять некоторыми службами заданные функции. Под службой в данной работе понимаются взаимодействия посредством сети функциональные компоненты, реализованные по схеме «кли-

ент-сервер», составные части которых могут выполняться в отдельных аппаратно-программных окружениях.

При разработке модели онтологии диагностики используются понятия, учитывающие особенности процесса диагностики, сформулированные в работе [6].

1. Сервис-ориентированные сетевые структуры представляются в виде конечного множества служб

$$S = \{s_l\}_{l=1}^L, \quad (1)$$

где L – общее количество служб и источников диагностической информации;

$$A = \{a_i\}_{i=1}^I, \quad (2)$$

где I – общее количество источников диагностической информации в рассматриваемой СОСС.

2. Каждый источник диагностической информации определяет совокупность диагностических параметров

$$P(a) = \{p_j(a)\}_{j=1}^{J(a)}, \quad (3)$$

где $J(a)$ – общее количество диагностических параметров для источника диагностической информации.

3. Из множеств $P(a)$ экспертным путем выделяется множество диагностических параметров $\{B(s_l)\} \in \bigcup_{a \in A} P(a)$, значения кото-

рых в дальнейшем необходимо учитывать в процессе идентификации состояния некоторой службы $s_l, l=1, \dots, L$. В работе совокупность диагностических параметров $B(s)$ ($s \in S$) будем обозначать

$$B(s) = \{b_m(s)\}_{m=1}^{M(s)}, \quad (4)$$

где $M(s)$ – общее количество диагностических параметров, которые необходимо учитывать в процессе идентификации состояния некоторой службы $s \in S$.

4. С использованием $B(s)$ для каждого параметра b определяется множество служб $S(b)$, в которых параметр b используется в процессе определения ее состояния. Все множество значений $D(b)$ параметра b разбивается на конечное число подмножеств

$$D(b) = \bigcup_{k=1}^{K(b)} D_k(b), \quad (5)$$

где $K(b)$ – общее количество подмножеств для параметра b . Причем каждое подмножество $D_k(b)$ включает значения параметра b , которые он принимает при одном и том же состоянии службы $s_l \in S(b)$.

Для использования лингвистического описания значений параметра b построим полные ортогональные семантические пространства (ПОСП), которые будут служить областями лингвистических значений каждого из параметров.

Для построения ПОСП некоторого параметра b в соответствии с формулой (5) определим множества нечетких значений $\overline{D(b)} = \{\bar{b}^k\}_{k=1..K(b)}$, где $K(b)$ – количество нечетких значений, принимаемых параметром, в виде нечетких чисел с трапецеидальной функцией принадлежности μ^k , которая положительно определена на некотором интервале $(p_b^k(b), p_e^k(b))$, зависящем от $D_k(b)$.

Построенные множества $\overline{D(b)}$ являются ПОСП лишь тогда, когда они удовлетворяют следующим аксиомам [2].

Аксиома 1 – нормальность: каждая функция принадлежности μ^k нечетких значений $\bar{b}^k$ достигает единицы на некотором ненулевом отрезке значений своего базового множества $D(b)$.

Аксиома 2: функция μ^k не убывает слева от $p_b^k(b)$ и не возрастает справа от $p_e^k(b)$.

Аксиома 3: функции μ^k не могут иметь более двух точек разрыва первого рода.

Аксиома 4 – полнота: для любого значения b из базового множества $D(b)$ найдется нечеткое значение $\bar{b}^k$ с ненулевым значением функции принадлежности $\mu^k(b)$ в данной точке.

Аксиома 5 – ортогональность: сумма всех значений функций принадлежности μ^k в некоторой точке базового множества $x \in D(b)$ должна равняться единице, т.е.

$$\sum_{k=1}^{K(b)} \mu^k(x) = 1.$$

Каждое нечеткое число $\bar{b}^k \in \overline{D(b)}$ определим через функцию принадлежности следующего вида:

$$\bar{b}^k \Rightarrow \mu^k(x) = \begin{cases} 0, & x \leq p_b^k, x \geq p_e^k \\ \frac{x - p_b^k}{p_{b_1}^k - p_b^k}, & p_b^k < x < p_{b_1}^k \\ 1, & p_{b_1}^k \leq x \leq p_{e_1}^k \\ \frac{x - p_e^k}{p_{e_1}^k - p_e^k}, & p_{e_1}^k < x < p_e^k \end{cases}, \quad (6)$$

$$k = 1..K(b)$$

где x – некоторое четкое значение параметра, p_b^k, p_e^k – начальное и конечное значения соответственно интервала значений базового множества $D_k(b)$, на котором функция принадлежности k -го нечеткого значения параметра положительно определена, $p_{b_1}^k, p_{e_1}^k$ – начальное и конечное значения соответственно интервала значений базового множества $D_k(b)$, на котором функция принадлежности k -го нечеткого значения параметра b равна единице.

Можно показать справедливость следующего утверждения:

если множество нечетких значений $\overline{D(b)} = \{\bar{b}^k\}_{k=1..K(b)}$ удовлетворяет соотношениям (6), то оно является ПОСП.

Для формализованного использования параметров системы определим для них лингвистические переменные (ЛП):

$$p_m^l = \langle n_m^l, \{\bar{b}_m^k(s_l)\}_{k=1..K(b_m(s_l))}, D(b_m(s_l)) \rangle, \quad (7)$$

где $n_m^l, \{\bar{b}_m^k(s_l)\}_{k=1..K(b_m(s_l))}, D(b_m(s_l))$ – соответственно имя, терм-множество и базовое множество m -го параметра l -ой службы.

Предположим теперь, что для некоторого диагностического параметра службы $s_l \in S(b)$ можно задать разбиение

$$D(b) = D_l^0(b) \cup D_l^1(b), \quad (8)$$

такое, что значения из $D_l^0(b)$ соответствуют работоспособному состоянию службы $s_l \in S(b)$, а значения из $D_l^1(b)$ – неработоспособному состоянию. Данное разбиение позволяет ввести следующее определение

характеристической лингвистической переменной службы $s_i \in S(b)$.

Характеристической лингвистической переменной службы $s_i \in S(b_m)$ будем называть такую переменную p_m^l из множества (7), что:

1. базовое множество m -го параметра l -й службы удовлетворяет (8);

2. p_m^l может быть представлено в виде

$$p_m^l = p_m^l(N) \cup p_m^l(S), \quad (9)$$

где $p_m^l(N)$ лингвистическая переменная, терм-множество которой состоит из термов соответствующих работоспособному состоянию службы, а $p_m^l(S)$ – лингвистическая переменная, терм-множество которой состоит из термов, соответствующих неработоспособному состоянию службы.

Определим теперь на множестве всех возможных ситуаций для службы $s_i \in S(b)$ в СОСС класс штатных и класс нештатных ситуаций.

Нечеткой ситуацией будем называть нечеткое множество второго уровня [5]

$$\Theta = \left\{ \frac{\mu(p_m^l)}{p_m^l} \right\}, \quad (10)$$

$$\mu(p_m^l) = \left\{ \frac{\mu(\overline{b_m(s_i)})^k}{\overline{b_m(s_i)}^k} \right\},$$

где $\mu(\overline{b_m(s_i)})^k$ – значение функции принадлежности признака к определенному терму $\overline{b_m(s_i)}^k$ для конкретного значения диагностического параметра.

Оценить степень схожести между текущей нечеткой ситуацией $\Theta(t)$ и теми, что наблюдались ранее $\Theta(t_0)$, можно с помощью степени нечеткого равенства или степени нечеткой общности, которые описаны в [2]. Расчет степени нечеткого равенства применяется в том случае, когда в обеих сравниваемых нечетких ситуациях $\Theta(t)$ и $\Theta(t_0)$ все наборы наблюдаемых лингвистических переменных совпадают. Если в ситуации $\Theta(t)$ произошли некоторые события, которые в ситуации $\Theta(t_0)$ не происходили, либо в ситуации $\Theta(t)$ не учитыва-

ются или не происходят те события, которые наблюдались в ситуации $\Theta(t_0)$, то следует рассчитывать степень нечеткой общности, которая является более общим показателем, чем степень нечеткого равенства ситуаций.

Обозначим через $k(\Theta(t), \Theta(t_0))$ степень схожести рассматриваемых ситуаций $\Theta(t)$ и $\Theta(t_0)$, которая будет равна нечеткой степени равенства или нечеткой степени общности этих ситуаций, в зависимости от того, совпадают наборы наблюдаемых лингвистических переменных или нет соответственно. Коэффициент $k(\Theta(t), \Theta(t_0))$ принимает значения из отрезка $[0,1]$, причем, чем больше значение коэффициента, тем ситуации более схожи.

Штатной ситуацией для службы $s_i \in S(b)$ и набора характеристических лингвистических переменных p_m^l на заданном временном интервале T_p называется ситуация, когда термы лингвистических переменных p_m^l описывающих значения диагностических параметров $b_m(s_i)$ на заданном временном интервале T_p принимают значения из терм-множеств $p_m^l(N)$.

Нештатной ситуацией для службы $s_i \in S(b)$ и набора характеристических лингвистических переменных p_m^l на заданном временном интервале T_p называется ситуация, когда существует лингвистическая переменная p_m^l , описывающая значения диагностического параметра $b_m(s_i)$ на заданном временном интервале T_p , которая принимает значения из терм-множества $p_m^l(S)$.

Таким образом, используя введенные определения и степень схожести нечетких ситуаций $k(\Theta(t), \Theta(t_0))$, получим множество вариантов нечетких ситуаций для службы $s_i \in S(b)$, которые можно описать следующими соотношениями:

$$\begin{aligned}\tilde{C}^l &= \tilde{C}_{um}^l \cup \tilde{C}_{ne}^{ll}, \\ \tilde{C}_{um}^l &= \left\{ \Theta_{um,s}^l \right\}_{s=1}^{N_{um}(l)}, \\ \tilde{C}_{ne}^l &= \left\{ \Theta_{ne,s}^l \right\}_{s=1}^{N_{ne}(l)}.\end{aligned}\quad (11)$$

где $N_{um}(l)$ – количество вариантов нечетких ситуаций, описывающих штатный режим функционирования l -й службы. $N_{ne}(l)$ – количество вариантов нечетких ситуаций, описывающих нештатный режим функционирования l -й службы.

В соответствии с работой [1] в качестве модели онтологии диагностики, в которой рассматриваются многократные наблюдения с результатами, зависящими от времени наблюдения, выбрана небогатая система логических соотношений $O_2 = \langle \langle \emptyset, SS_2 \rangle, P_2 \rangle$. Множество предложений SS_2 описывает базовые термины и соглашения, используемые для описания знаний предметной области, а также ограничения на их значения (не зависящие от значений терминов для описания действительности). SS_2 состоит из предложений, сформулированных на языке многосортной прикладной логики [7], и является объединением следующего набора разделов:

термины понятий и соглашения, описывающие неизвестные модели онтологии;

термины знаний и действительности, описывающие штатные ситуации, и онтологические соглашения о соответствии между ними;

термины знаний и действительности, описывающие нештатные состояния и онтологические соглашения о соответствии между ними;

термины и онтологические соглашения, используемые для описания причинно-следственных связей;

термины и соглашения, описывающие временные интервалы развития параметров.

Множество параметров P_2 в O_2 задано следующим образом: $P_2 = \{\text{службы, лингвистические переменные, характеристические лингвистические переменные, события, возможные значения, нештатные значения, причины отклонений, нештатная ситуация, варианты нештатных ситуаций, число пе-$

риодов динамики, значения для периода, верхняя граница, нижняя граница, интервал}\}.

В терминах выбранной модели O_2 определены следующие термины онтологии диагностики, описывающие нештатные ситуации:

множества значений обозначает множество всех допустимых множеств значений. (множества значений $\equiv \{N \setminus \{\emptyset\}\}$);

возможные значения обозначает функцию, которая характеристическим лингвистическим переменным ($x_{лп}$) сопоставляет их возможные значения (сорт возможные значения: $x_{лп} \rightarrow \text{множества значений}$);

интервал – это множество элементов структурных значений с атрибутами нижняя граница и верхняя. Их значениями являются натуральные числа – минимальная и максимальная длительности интервала, измеряемые целым числом, причём верхняя граница больше нижней (интервал $\equiv$ (нижняя граница $\rightarrow I[1, \infty)$, верхняя граница $\rightarrow I[\text{нижняя граница} + 1, \infty)$));

служба обозначает совокупность объектов, которые определяются соотношениями (1) (сорт службы: $\{N\}$);

причина отклонений (по) обозначает функцию, которая каждой службе сопоставляет множество причин отклонений, описания которых представлены в знаниях. В знаниях должно присутствовать описание хотя бы одной причины отклонений (сорт по: служба $\rightarrow \{N \setminus \{\emptyset\}\}$);

нштатные значения (НШЗ) обозначает функцию, которая характеристическим лингвистическим переменным ($x_{лп}$) сопоставляет их значения из множества $p_m^l(S)$ (сорт НШЗ: $x_{лп} \rightarrow \text{множества значений}$);

нштатная ситуация (НШС) обозначает функцию, которая каждой причине отклонений сопоставляет множество характеристических лингвистических переменных, описывающих данную нештатную ситуацию (сорт НШС: по $\rightarrow \{x_{лп}\}$);

варианты нештатных ситуаций (вншс) обозначает функцию, которая каждой причине отклонений и характеристической лингвистической переменной сопоставляет

множество вариантов нештатных ситуаций

$$(\text{сорт } \text{вншс} : \{(t : (\times no, x_ln)) \pi(2, t) \in \text{НШС}(\pi(1, t))\} \rightarrow \{N\});$$

число периодов динамики (чпд) обозначает функцию, которая каждой причине отклонений, характеристической лингвистической переменной и варианту нештатной ситуации сопоставляет число периодов динамики этой переменной в этом варианте нештатной ситуации (сорт

$$\text{чпд} : \{(t : (\times no, x_ln, N)) \pi(2, t) \in \text{НШС}(\pi(1, t)) \wedge \pi(3, t) \in \text{вншс}(\pi(1, t), \pi(2, t))\} \rightarrow I[1, \infty]$$

значения для периода (зп) обозначает функцию, которая каждой причине отклонений, характеристической лингвистической переменной, варианту нештатной ситуации и номеру периода динамики этой переменной в этом варианте сопоставляет множество нештатных значений переменной в этом варианте (сорт

$$\text{зп} : \{(t : (\times \text{причины отклонений}, x_ln, N, I)) \pi(2, t) \in \text{НШС}(\pi(1, t)) \wedge \pi(3, t) \in \text{вншс}(\pi(1, t), \pi(2, t)) \wedge \pi(4, t) \in I[1, \text{чпд}(\pi(1, t), \pi(2, t), \pi(3, t))]\} \rightarrow \text{НШЗ}$$

$$I[1, \text{чпд}(\pi(1, t), \pi(2, t), \pi(3, t))]\} \rightarrow \text{НШЗ}$$

верхняя граница (вг) обозначает функцию, которая каждой причине отклонений, характеристической лингвистической переменной, варианту нештатной ситуации и номеру периода динамики этой переменной в этом варианте сопоставляет верхнюю границу длительности данного периода (сорт

$$\text{вг} : \{(t : (\times no, x_ln, N, I)) \pi(2, t) \in \text{НШС}(\pi(1, t)) \wedge \pi(3, t) \in \text{вншс}(\pi(1, t), \pi(2, t)) \wedge \pi(4, t) \in I[1, \text{чпд}(\pi(1, t), \pi(2, t), \pi(3, t))]\} \rightarrow I[3, \infty]$$

нижняя граница (нг) обозначает функцию, которая каждой причине отклонений, характеристической лингвистической переменной, варианту нештатной ситуации и номеру периода динамики этой переменной в этом варианте сопоставляет нижнюю границу длительности данного периода (сорт

$$\text{вг} : \{(t : (\times no, x_ln, N, I)) \pi(2, t) \in \text{НШС}(\pi(1, t)) \wedge \pi(3, t) \in \text{вншс}(\pi(1, t), \pi(2, t)) \wedge \pi(4, t) \in I[1, \text{чпд}(\pi(1, t), \pi(2, t), \pi(3, t))]\} \rightarrow I[2, \infty]$$

Выводы

Предложенная модель онтологии диагностики позволяет создавать базы знаний штатных и нештатных ситуаций, которые возникают в подсистемах СОСС. Деление на классы осуществляется с учетом введенной степени нечеткой общности. Кроме того, данная модель онтологии позволяет учитывать многократные наблюдения диагностических параметров, результаты которых зависят от времени наблюдения. Это позволяет формализовать подходы искусственного интеллекта и Data Mining для используемой диагностической модели, что позволяет повысить качество и оперативность процессов диагностирования СОСС и ее служб.

Список использованной литературы

1. Артемьева И. Л. Логические модели второго порядка для предметных областей / И. Л. Артемьева, Т. Л., Гаврилова, А. С Клещев // Научно-технич. информация. Серия 2. – 1997. – № 6. – С. 14–30.
2. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, В. В. Федюлом – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – С. 284.
3. Клещев А. С. Необогатенные системы логических соотношений / А. С. Клещев, И. Л. Артемьева // Научно-техническая информация. Серия 2. – 2000. – Ч. 1. – № 7. – С. 18–28. – Ч. 2. – № 8. – С. 8–18.
4. Поморова О. В. Априорна діагностична інформація в структурі нейромережних експертів ідентифікації стану компонентів комп'ютерних систем / О. В. Поморова // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 8 (24) – С. 145–151.
5. Рыжов А. П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / А. П. Рыжов. – М.: 2003. – 81 с.
6. Соколов С. А. Диагностическая модель для задач выявления закономерностей функционирования компонентов корпоративной IP-сети / С. А. Соколов, А. Л. Стокиппный // Информационные технологии. – 2009. – №5/2 (41) – С. 4–9.
7. Kleshchev A. S. A mathematical apparatus for ontology simulation. Specialized extensions of the extendable language of applied log-

ic / A. S. Kleshchev, I. L. Artemjeva // Inf. Theories and Appl., 2005, vol. 12, № 3. P. 265–271.

Получено 25.06.2012

References

1. Artemeva I. L. The logical model of the second-order domains / I. L. Artemeva, T. L. Gavrilova, A. S. Kleshev // Scientific and Technical Information, Series 2. – 1997. – № 6. – P. 14–30 [in Russian].

2. Borisov V. V. Fuzzy models and networks / V. V. Borisov, V. V. Kruglov, V. V. Fedulom. – Moscow: Hotline. – Telecom, 2007. – 284 p. [in Russian].

3. Kleshev A. S. Unenriched logical relationship systems. / Scientific and Technical Information, Series 2 / A. S. Kleshev, I. L. Artemieva. – 2000. – Part 1. – № 7. – P.18–28. – Part 2. – № 8 – P. 8–18 [in Russian].

4. Pomarova O. V. Priority diagnostic information in the structure of neural network expert identification of components of computer systems / O. V. Pomarova // Radio electronic and computer systems – 2007. – № 8(24). – P.145–151 [in Ukrainian].

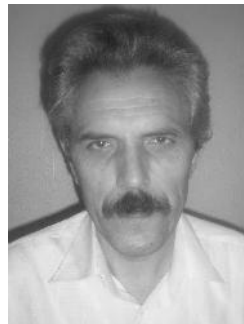
5. Ryjov A. P. Elements of the theory of fuzzy sets and its applications / A. P. Ryjov – Moscow: 2003. – 81 p. [in Russian].

6. Sokolov S.A. The diagnostic model to identify problems of the functioning components of the enterprise IP-based network / S. A. Sokolov, A. L. Stokipnyi // Information Technology – 2009. – № 5/2(41). – P.4–9 [in Russian].

7. Kleshchev A. S. A mathematical apparatus for ontology simulation. Specialized extensions of the extendable language of applied logic / A. S. Kleshchev, I. L. Artemjeva // Inf. Theories and Appl. – 2005. – V. 12. – № 3. – P. 265–271 [in English].



Нестеренко
Сергей Анатольевич,
д.т.н., зав. каф. компьютерных интеллект. систем и сетей, проректор Одесского нац. политехн. ун-та



Тишин
Петр Метталинович,
канд. физико-математич. наук, доц. Одесского нац. политехн. ун-та,
м/т: +3(098)-8050448



Маковецкий
Александр Сергеевич,
аспирант Одесского нац. политехн. ун-та,
м/т: +3(066)-3560987