

МЕТАТЕКСТОВЫЕ МОДЕЛИ В ИНТЕРАКТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.М. Луганский¹, В.П. Машталир²

(¹Национальный университет внутренних дел, Харьков,

²Харьковский национальный университет радиоэлектроники)

В данной статье обосновано применение метаданных в качестве информационных моделей, что обеспечивает приведение данных к минимальным формам представления, на основе которых путем поиска компромисса между степенью адекватности и объемом количественных и качественных сведений ищутся эффективные алгоритмы регистрации, преобразований, хранения, поиска, передачи и тематической интерпретации.

метаданные, метатекстовая модель, формализация метатекстовых конструкций, интерактивная информационная система, множественная модель

Введение. Развитие концептуальной, методологической, математической и технологической базы синтеза и анализа метатекстовых структур как «текстов о текстах» является одной из актуальных задач при создании перспективных информационных систем интерактивного и коммуникативного сервиса.

Прежде всего, это объясняется тем, что парадигма метатекста дуальна по своей природе. С одной стороны, на основе перехода от конкретного к абстрактному, от частного к общему синтезируются модели, обеспечивающие адекватное предметной области представление информации. Эти модели наряду с декларативными компонентами метатекстов создают предпосылки для гибкой и достоверной интерактивной экстраполяции (синтаксической, семантической, качественной и количественной интерпретации) положений формальной системы на содержательную. С другой стороны, использование метатекстовых моделей предполагает с учетом введенных интерпретаций переход от общего к частному, от абстрактного к конкретному. Подобная формализация позволяет с должной степенью информационной эффективности – соотношения достигаемых точности и надежности анализа и требуемых для этого вычислительных ресурсов – синтезировать методы и алгоритмы обработки множеств метатекстов.

Таким образом, метатекст является своеобразным интерфейсом в интерактивных информационных системах. Иначе говоря, метатекст вы-

стует в качестве граничного элемента между содержательным и формальным уровнями представления и интерпретации информации. В зависимости от степени обобщения и абстрагирования или, напротив, дифференциации или конкретизации представления о совокупностях конгруэнтных (в широком смысле) текстов он динамически представляет собой некоторый интерпретант и формальную модель одновременно. Наличествующая тенденция в перераспределении ролей автоматизированного и автоматического анализа в сторону возрастающего доминирования последнего делает метатекстовые конструкции, прежде всего, инструментом адаптации уровней обработки и интерпретации текстовых данных. Таким образом, метатекст можно трактовать как некоторый унифицированный компонент интерактивных информационных систем, обеспечивающий двухстороннюю связь программно-алгоритмических средств и предметных областей. Работа посвящена исследованию специфики формализации метатекстовых конструкций.

Состояние исследований и постановка задачи. Тенденция перехода от различных способов индексирования данных к автоматическому синтезу информационных моделей к настоящему времени является определяющей при создании информационных систем [1 – 4]. Наряду с онтологиями [5 – 7], обобщениями [8 – 10], семантическими и иными, в том числе комбинированными, подходами [11 – 16] метатексты представляют собой один из элементов теоретического и прикладного инструментария автоматизации обработки текстовых данных.

Необходимость учета причинно-следственных отношений, тезаурусных связей, логических конструкций, индуцированных слэнговыми соглашениями, терминологическими противоречиями и т.п., а также специфики организации и обработки больших объемов данных при ограничениях на время принятия решений, контралатеральности профессиональной диверсификации и специализации аккумулируемых данных, а, кроме того, целого ряда других факторов привела к созданию достаточно большого числа систем и стандартов, базирующихся в основном на эвристиках. Как представляется авторам, в данном направлении наиболее развитым с теоретической точки зрения являются методы анализа аппроксимирующих множеств (rough sets) [16 – 18]. Однако исследования в этом направлении фокусируются на свойствах эквивалентностей, реже – толерантностей. В то же время большинство прикладных задач требует совместного анализа и первых, и вторых, а также некоторого семейства отношений, соответствующие свойства которых не верифицируются. Таким образом, применительно к метатекстовым конструкциям необходимо, с одной стороны, обобщать и глобальные, и локальные от-

ношения между ними, а с другой – изучать конкретизированные аспекты применения этих отношений.

Цель работы. Формализация отношений между метатекстами, которая обеспечит их адекватные смыслу и содержанию сравнения, а в конечном итоге создаст предпосылки для эффективной кластеризации и алгоритмизации контекстно-зависимого поиска.

1. Множественные модели метатекстов. Пусть T – множество текстовых данных и/или их описаний, Φ – множество атрибутов (признаков) декларативного или производного характера, $\{P_\varphi\}_{\varphi \in \Phi}$ – индексированное множество значений признаков (рубрик), каждое из которых представляет собой метатекст. Фактически каждый признак $\alpha \in \mathcal{A}$ – это отображение $\varphi : T \rightarrow p(P_\varphi) \setminus \{\emptyset\}$, где $p(P_\varphi)$ – множество всех подмножеств семейства значений P_φ . Под информационной моделью метатекстовой системы будем понимать триплет $\mathfrak{M} = \langle T, \Phi, \{P_\varphi\}_{\varphi \in \Phi} \rangle$. Наиболее типичной прикладной задачей является удовлетворяющее заданным критериям сопоставление произвольного текста $x \in T$ с элементами метатекстов $\{P_\varphi\}_{\varphi \in \Phi}$. В качестве критериев, как правило, выбираются характеристики сходства/различия метатекстов, а как следствие, и исходных текстов. Проанализируем специфику формализации метатекстовых систем.

Пусть $\varphi \in \Phi$, $x \in T$, если метатекст – полиморфизм, тогда $\varphi(x)$ – многозначное соответствие (точечно-множественное отображение) и представляет собой множество всех значений признака φ для объекта x , т.е. при анализе должно учитываться каждое значение $p \in \{\varphi(x)\}$. Если $\text{card } \varphi(x) = 1$, т.е. $\varphi(x) = \{p\}$, рубрика метатекста однозначно определяет анализируемое свойство. В метатексте учитывается и многозначность, задаваемая некоторыми оценочными функциями, номинальными, дихотомическими, порядковыми, интервальными, пропорциональными шкалами, когда единственное значение признака b принадлежит целому множеству $\{\varphi(x)\}$. Наконец, полное игнорирование (отсутствие) информации об объекте x будем обозначать $\varphi(x) = P_\varphi$.

На множестве метатекстов рубрикация определяет различные отношения между исходными данными. Продуцируемые отношения разобьем на три семейства: обобщенного равенства – отношения эквивалентностей, множество которых обозначим $\mathfrak{E}q$, обобщенного сходства – толерантностей $\mathfrak{T}ol$ и произвольные бинарные отношения $\mathfrak{R}el$, т.е.

$$\mathfrak{E}qu(\Phi) \subseteq \mathfrak{I}ol(\Phi) \subseteq \mathfrak{R}el(\Phi) .$$

Введем набор бинарных отношений, характеризующих, вообще говоря, операции сравнения метатекстов. Пусть $x, y \in T$, $\Psi \subseteq \Phi$, тогда необходимыми и достаточными условиями можно определить свойства:

– сильная неразличимость:

$$\langle x, y \rangle \in s_1(\Psi) \Leftrightarrow \forall \varphi \in \Psi \varphi(x) = \varphi(y) ;$$

– слабая неразличимость:

$$\langle x, y \rangle \in w_1(\Psi) \Leftrightarrow \exists \varphi \in \Psi \varphi(x) = \varphi(y) ;$$

– сильное сходство:

$$\langle x, y \rangle \in s_2(\Psi) \Leftrightarrow \forall \varphi \in \Psi \varphi(x) \cap \varphi(y) \neq \emptyset ;$$

– слабое сходство:

$$\langle x, y \rangle \in w_2(\Psi) \Leftrightarrow \exists \varphi \in \Psi \varphi(x) \cap \varphi(y) \neq \emptyset .$$

Интерпретация введенных свойств состоит в следующем. Два метатекста состоят в отношении $s_1(\Psi)$, если мы не можем их различить, используя все признаки Ψ , т.е. на выбранном семействе признаков они полностью совпадают. Если существует хотя бы один признак φ в Ψ , по которому x и y неразличимы, то выполняется $w_1(\Psi)$. Если для всех значений признаков объектов x , y имеется хотя бы одно общее, то эти объекты находятся в отношении $s_2(\Psi)$ (сильное сходство), если же можно говорить лишь о существовании по крайней мере одного признака, тогда получаем слабое сходство $w_2(\Psi)$. Очевидно, сильная неразличимость индуцирует разбиения метатекстов, т.е. $s_1(\Psi) \in \mathfrak{E}qu(\Psi)$. Слабая неразличимость и отношения сходства задают покрытия на множестве $\Psi \subseteq \Phi$, иначе говоря, представляют собой толерантности

$$w_1(\Psi), s_2(\Psi), w_2(\Psi) \in \mathfrak{I}ol(\Psi) .$$

Отметим граничные свойства введенных отношений

$$s_1(\{\emptyset\}) = w_1(\{\emptyset\}) ;$$

$$s_2(\{\emptyset\}) = w_2(\{\emptyset\}) ;$$

$$s_1(\{\emptyset\}) = w_1(\{\emptyset\}) = U ;$$

$$s_2(\{\emptyset\}) = w_2(\{\emptyset\}) = \emptyset ,$$

где \emptyset, U – соответственно пустое и полное отношения.

Уточним введенные отношения для случаев, когда локальные и глобальные характеристики сравнения метатекстов задаются функциями. Подчеркнем, что любая функция $\delta_\varphi : T \times T \rightarrow \mathbb{R}^+$, удовлетворяющая ак-

сиомам тождества $\delta_\varphi(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$ и симметрии $\delta_\varphi(x, y) = \delta_\varphi(y, x)$, может быть использована как мера сравнения метатекстов (естественно, более предпочтительны случаи, когда $\delta_\varphi(x, y)$ – метрика, т.е. выполняется и аксиома треугольника $\delta_\varphi(x, y) + \delta_\varphi(y, z) \geq \delta_\varphi(x, z)$). Тогда локальное параметрическое отношение $\tau_\varphi(e_\varphi)$ можно представить в виде

$$\langle x, y \rangle \in \tau_\varphi(e_\varphi) \Leftrightarrow \delta_\varphi(x, y) \leq e_\varphi.$$

Глобальное параметрическое отношение сравнения задается в виде:

$$\langle x, y \rangle \in \tau(\varepsilon) \Leftrightarrow \Delta(\delta_{\varphi_1}(x, y), \delta_{\varphi_2}(x, y), \dots, \delta_{\varphi_k}(x, y)) = 1,$$

где
$$\Delta = \begin{cases} 1, & F(\delta_{\varphi_1}(x, y), \delta_{\varphi_2}(x, y), \dots, \delta_{\varphi_k}(x, y)) \leq \varepsilon; \\ 0, & F(\delta_{\varphi_1}(x, y), \delta_{\varphi_2}(x, y), \dots, \delta_{\varphi_k}(x, y)) > \varepsilon; \end{cases}$$

$F(\circ)$ – вообще говоря, произвольный функционал, удовлетворяющий условию $F(0, 0, \dots, 0) = 0$ и обеспечивающий получение интегральных количественных оценок близости метатекстов, которые адекватно отражают прикладные аспекты сравнения данного типа текстовой информации.

Так, взвешенное отношение, индуцированное метрикой Минковского, имеет вид

$$\langle x, y \rangle \in \tau(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k, \varepsilon) \Leftrightarrow \sum_{i=1}^k \gamma_i [\varphi_i(x) - \varphi_i(y)]^p + \varepsilon \leq 0,$$

где $p \in \mathbb{N}$.

При $p = 1$ получаем отношение на основе манхэттенской метрики

$$\langle x, y \rangle \in \tau(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k, \varepsilon) \Leftrightarrow \sum_{i=1}^k \gamma_i |\varphi_i(x) - \varphi_i(y)| + \varepsilon \leq 0;$$

при $p = 2$ – евклидовой

$$\langle x, y \rangle \in \tau(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k, \varepsilon) \Leftrightarrow \sum_{i=1}^k \gamma_i [\varphi_i(x) - \varphi_i(y)]^2 + \varepsilon \leq 0.$$

Рассмотрим теперь отношения, в некотором смысле двойственные к уже введенным:

– сильное различие:

$$\langle x, y \rangle \in s_3(\Psi) \Leftrightarrow \forall \varphi \in \Psi \varphi(x) \neq \varphi(y);$$

– слабое различие:

$$\langle x, y \rangle \in w_3(\Psi) \Leftrightarrow \exists \varphi \in \Psi \varphi(x) \neq \varphi(y);$$

– сильное несходство:

$$\langle x, y \rangle \in s_4(\Psi) \Leftrightarrow \forall \varphi \in \Psi \varphi(x) \cap \varphi(y) = \emptyset;$$

– слабое несходство:

$$\langle x, y \rangle \in w_4(\Psi) \Leftrightarrow \exists \varphi \in \Psi \varphi(x) \cap \varphi(y) = \emptyset.$$

Интерпретация двойственности следует из двойственности понятий «равенство – различие» и «сходство – несходство».

В ряде задач важное значение имеет сравнение собственно отношений. С этой целью введем отношения доминирования, а именно – мажорирование и минорирование отношений:

– сильное минорирование:

$$\langle x, y \rangle \in s_5(\Psi) \Leftrightarrow \forall \varphi \in \Psi \ \varphi(x) \subseteq \varphi(y);$$

– слабое минорирование:

$$\langle x, y \rangle \in w_5(\Psi) \Leftrightarrow \exists \varphi \in \Psi \ \varphi(x) \subseteq \varphi(y);$$

– сильное мажорирование:

$$\langle x, y \rangle \in s_6(\Psi) \Leftrightarrow \forall \varphi \in \Psi \ \varphi(y) \subseteq \varphi(x);$$

– слабое мажорирование:

$$\langle x, y \rangle \in w_6(\Psi) \Leftrightarrow \exists \varphi \in \Psi \ \varphi(y) \subseteq \varphi(x).$$

Нетрудно заметить, что для отношений неразличимости и сходства справедливы включения:

$$s_1(\Psi) \subseteq w_1(\Psi);$$

$$s_2(\Psi) \subseteq w_2(\Psi);$$

$$s_1(\Psi) \subseteq s_2(\Psi);$$

$$w_1(\Psi) \subseteq w_2(\Psi),$$

т.е. можно говорить, что сходство мажорирует неразличимость или что, естественно, эквивалентно неразличимость является минорантой сходства.

Введенные отношения допускают достаточно прозрачное обобщение. Пусть:

$$\varphi : T \rightarrow p(P_\varphi) \setminus \{\emptyset\}; \quad \varphi(\Lambda) = \bigcup_{x' \in \Lambda} \varphi(x'); \quad x' \in \Lambda \in \pi(T),$$

кроме того, $\mathfrak{R} \in \mathfrak{Rel}(p(P_\varphi))$, тогда прообразом отношения на множествах значений признаков служит

$$\varphi^{-1}(\mathfrak{R}) = \{(x, y) \in T \times T : \varphi(x)\mathfrak{R}\varphi(y)\}.$$

Таким образом, для любого множества отображений $\Psi \subseteq \Phi$ можно ввести обобщенные слабое и сильное отношения, свойства которых справедливы для всех введенных ранее информационных отношений:

$$S_{\mathfrak{R}}(\Psi) = \{(x, y) \in T \times T : \forall \varphi \in \Psi \ \varphi(x)\mathfrak{R}\varphi(y)\}; \quad (1)$$

$$W_{\mathfrak{R}}(\Psi) = \{(x, y) \in T \times T : \exists \varphi \in \Psi \ \varphi(x)\mathfrak{R}\varphi(y)\}. \quad (2)$$

Исследуем общие свойства сильных и слабых отношений. Прежде всего укажем очевидные свойства:

$$S_{\mathfrak{R}}(\{\varphi\}) = W_{\mathfrak{R}}(\{\varphi\}) = \varphi^{-1}(\mathfrak{R});$$

$$S_{\mathfrak{R}}(\emptyset) = T \times T;$$

$$W_{\mathfrak{R}}(\emptyset) = \emptyset ;$$

$$\forall \Psi \neq \emptyset : \Psi \subseteq \Phi \Rightarrow S_{\mathfrak{R}}(\Psi) \subseteq W_{\mathfrak{R}}(\Psi) .$$

Далее, если $\Omega \in p(P_{\varphi})$, тогда

$$S_{\mathfrak{R}}(\bigcup \Omega) = \bigcap \{S_{\mathfrak{R}}(\Psi) : \Psi \in \Omega\} . \quad (3)$$

Действительно, $\forall x, y \in T$ из $\langle x, y \rangle \in S_{\mathfrak{R}}(\bigcup \Omega)$ следует

$$(\forall \varphi \in \bigcup \Omega) \Rightarrow \varphi(x) \mathfrak{R} \varphi(y) ,$$

но тогда в силу (1) $(\forall \Psi \in \Omega)(\forall \varphi \in \Psi) \Rightarrow \varphi(x) \mathfrak{R} \varphi(y)$, тем самым, получаем

$$(\forall \Psi \in \Omega) \langle x, y \rangle \in S_{\mathfrak{R}}(\Psi) ,$$

что равносильно $\langle x, y \rangle \in \bigcap \{S_{\mathfrak{R}}(\Psi) : \Psi \in \Omega\}$, что и требовалось.

Совершенно аналогично показывается, что

$$W_{\mathfrak{R}}(\bigcup \Omega) = \bigcup \{W_{\mathfrak{R}}(\Psi) : \Psi \in \Omega\} . \quad (4)$$

Укажем еще два полезных свойства: $\forall \Theta, \Theta' \in p(P_{\varphi})$ если $\Theta \subseteq \Theta'$, то $S_{\mathfrak{R}}(\Theta) \subseteq S_{\mathfrak{R}}(\Theta')$, $W_{\mathfrak{R}}(\Theta) \subseteq W_{\mathfrak{R}}(\Theta')$. Действительно, пусть $\Theta \subseteq \Theta'$, тогда из (3) следует, что $S_{\mathfrak{R}}(\Theta \cap \Theta') = S_{\mathfrak{R}}(\Theta \cup \Theta') = S_{\mathfrak{R}}(\Theta')$, т.е. $S_{\mathfrak{R}}(\Theta) \subseteq S_{\mathfrak{R}}(\Theta')$. Второе включение доказывается совершенно аналогично.

Обозначим множество всех сильных отношений \mathfrak{Str} , а множество слабых – \mathfrak{Wea} . Нетрудно заметить, что из определения (1), (2) сильных и слабых отношений непосредственно следует:

$$\mathfrak{Str}(\Phi) \subseteq \mathfrak{Equ}(\Phi) \cup \mathfrak{Iol}(\Phi) ;$$

$$\mathfrak{Wea}(\Phi) \subseteq \mathfrak{Iol}(\Phi) .$$

Отметим, что в силу выполнения рефлексивности и симметричности

$$\forall \mathfrak{M}, \mathfrak{N} \in \mathfrak{Wea}(\Phi) \Rightarrow \mathfrak{M} \cup \mathfrak{N} \in \mathfrak{Wea}(\Phi) ;$$

$$\mathfrak{M} \cap \mathfrak{N} \in \mathfrak{Wea}(\Phi) ;$$

$$\mathfrak{M}^{-1}, \mathfrak{N}^{-1} \in \mathfrak{Wea}(\Phi) .$$

Если же $\mathfrak{M}, \mathfrak{N} \in \mathfrak{Str}(\Phi)$, то гарантировано можно утверждать лишь, что

$$\mathfrak{M} \cap \mathfrak{N} \in \mathfrak{Str}(\Phi), \mathfrak{M}^{-1}, \mathfrak{N}^{-1} \in \mathfrak{Str}(\Phi)$$

вследствие инвариантности свойства транзитивности к операциям пересечения и обращения отношений.

Перейдем к описанию семейств метатекстов, переход к которым представляет собой предварительную обработку – кластеризацию. В идеальном случае каждое семейство (а в иерархическом случае и подсемейство) является классом эквивалентности, что обеспечивает надежный поиск метатекста путем сравнения с эталонами классов. Однако из приведенного выше анализа следует, что оперирование разбиениями скорее исключение, нежели правило, т.е. как правило, базовыми представлениями являются лишь предклассы толерантности. Используя подходы, применяемые при алгоритмизации аппроксимирующих множеств [16 – 18], рассмотрим варианты представления множества метатекстов «похожими»

подмножествами.

Пусть Ξ – покрытие множества $(P_\varphi) \setminus \{\emptyset\}$, индуцированное сильными или слабыми отношениями, тогда нижняя $\mathcal{A}pr_*(\Xi, \Pi)$ и верхняя $\mathcal{A}pr^*(\Xi, \Pi)$ аппроксимации некоторого множества Π будут иметь вид соответственно:

$$\begin{aligned}\mathcal{A}pr_*(\Xi, \Pi) &= \bigcup \{X : X \in \Xi, X \subseteq \Pi\} = \\ &= \{x : x \in T \exists X \in \Xi : x \in X, X \subseteq \Pi\}; \\ \mathcal{A}pr^*(\Xi, \Pi) &= \bigcup \{X : X \in \Xi, X \cap \Pi \neq \emptyset\} = \\ &= \{x : x \in T \exists X \in \Xi : x \in X, X \cap \Pi \neq \emptyset\}.\end{aligned}$$

Очевидно, справедливы соотношения:

$$\begin{aligned}\mathcal{A}pr_*(\Xi, U) &= U, \mathcal{A}pr_*(\Xi, \emptyset) = \emptyset; \\ \mathcal{A}pr^*(\Xi, U) &= U, \mathcal{A}pr^*(\Xi, \emptyset) = \emptyset.\end{aligned}$$

В случаях, когда Ξ продуцирует разбиение множества $(P_\varphi) \setminus \{\emptyset\}$, индуцированное сильными отношениями, т.е. $[x]_\Xi = \{y \in T : \varphi(x)\Xi\varphi(y)\}$, получаем:

$$\begin{aligned}\mathcal{A}pr_*(\Xi, \Pi) &= \{x : x \in T, [x]_\Xi \subseteq \Pi\} = \\ &= \{x : x \in T \forall y \in T : x\Xi y \Rightarrow y \in \Pi\}; \\ \mathcal{A}pr^*(\Xi, \Pi) &= \{x : x \in T, [x]_\Xi \cap \Pi \neq \emptyset\} = \\ &= \{x : x \in T \exists y \in T : x\Xi y, y \in \Pi\}.\end{aligned}$$

Введенные описания произвольных множеств фактически являются моделями кластеров, рациональный поиск которых и обеспечивает эффективность использования метатекстов.

Заключение. Предложенные модели метатекстов, которые основаны на свойствах сильных и слабых отношений и отражают в достаточно общем виде характеристики сходства/различия метатекстовых конструкций, создают предпосылки для алгоритмизации процедур сравнения запросов и множеств априорно накопленных текстовых данных. Дальнейшим развитием исследований является синтез методов предварительной обработки различных классов метатекстов при ограничениях на вычислительную сложность алгоритмов, порождаемую, прежде всего, существенными объемами подлежащей обработке информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bechofer S., Goble C. Thesaurus construction through knowledge representation // Data & Knowledge Engineering. – 2001. – Vol. 37. – P. 25 – 45.*
2. *Sparck-Jones K. Automatic summarizing: factors and directions // Advances in automatic text summarization / I. Mani, M.T. Maybury (eds.). – Cambridge, Massachusetts: MIT Press. – 1999. – P. 1 – 12.*
3. *Lawrence S., Bollacker K., C.L. Giles Indexing and retrieval of scientific literature // Proceedings of Eighth International Conference on Information and Knowledge*

- Management (CIKM-99)*. – Kansas City, Missouri. – 1999. – P. 139 – 146.
4. Giannadakis N., Rowe A., Ghanem M., Yi-ke G. Knowledge discovery from distributed information sources *InfoGrid: providing information integration for knowledge discovery* // *Information Sciences*. – Vol. 155, No. 3 – 4. – 2003. – P. 199 – 226.
 5. Welyt C., Guarino N. Supporting ontological analysis of taxonomic relationships // *Data and Knowledge Engineering*. – Vol. 39, No. 1. – 2001. – P. 51 – 74.
 6. Corrêa da Silva F., Vasconcelos W., Robertson D., Brilhante V., de Melo A., Finger M., Agustí J. On the insufficiency of ontologies: Problems in knowledge sharing and alternative solutions // *Knowledge-Based Systems*. – Vol. 15, No. 3. – 2002. – P. 147 – 167.
 7. Gómez M., Abasolo G., Plaza E. Domain-independent ontologies for cooperative information agents // *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. – Vol. 2128. – 2001. – P. 118 – 129.
 8. Barzilay R., Elhadad M. Using lexical chains for text summarization // *Advances in automatic text summarization* / I. Mani and M.T. Maybury (eds.). – Cambridge, Massachusetts: MIT Press. – 1999. – P. 111 – 121.
 9. Mani I., Bloedorn E. Summarizing similarities and differences among related documents // *Advances in automatic text summarization* / I. Mani and M.T. Maybury (eds.). – Cambridge, Massachusetts: MIT Press. – 1999. – P. 357 – 379.
 10. Lee A.J.T., Wang Y.-T. Efficient data mining for calling path patterns in GSM networks // *Information Systems*. – Vol. 28, No. 8. – 2003. – P. 929 – 948.
 11. Durgan B.K. Compact searchable static binary trees // *Information Processing Letters*. – Vol. 89, No. 1. – 2004. – P. 49 – 52.
 12. Кучук Г.А. Оптимізація розподілу фрагментів даних інформаційних систем // *Системи обробки інформації*. – X. : НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вип. 2(18). – С. 272-274.
 13. Кучук Г.А. Метод синтезу логічної структури мережевої бази даних // *Системи обробки інформації*. – X. : НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вип. 2(12). – С. 32-36.
 14. Кучук Г.А. Формалізація предметної області багатовимірних баз даних // *Системи обробки інформації*. – X. : ХФВ: «Транспорт України», 2001. – Вип. 1(11). – С. 110 - 114.
 15. Dunham B. Different formats: linking serial titles for display through bibliographic relationships. Is it possible? // *Library Collections, Acquisitions and Technical Services*. – Vol. 26, No. 1. – 2002. – P. 3 – 17.
 16. Zhu W., Wang F.-Y. Reduction and axiomization of covering generalized rough sets // *Information Sciences*. – Vol. 152. – 2003. – P. 217 – 230.
 17. Pawlak Z. Reasoning about data – a rough set perspective // *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. – Vol. 1424. – 1998. – P. 25 – 34.
 18. Stefanowski J. On rough set based approaches to induction of decision rules // *Rough Sets in Knowledge Discovery 1: Methodology and Applications* / L. Polkowski, A. Skowron (Eds.). – Heidelberg: PhysicaVerlag. – 1998. – P. 500 – 529.

Поступила 10.03.2005

Рецензент: доктор фізико-математических наук, професор С.В. Смеляков,
Харьковський університет Воздушних Сил.