

УДК 519.72;681.326



С. В Кузьменко

ХНУВД, м. Харьков, Украина, unlautd@kture.kharkov.ua

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИДЕОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА

Проведен анализ современного состояния использования идеографического подхода для решения задач моделирования информационных систем. Приведено математическое описание теоретических основ идеографического метода, а также структура информационной технологии идеографического описания систем.

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, НОМОТЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД, ИДЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ИДЕОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИДЕОГРАММА, ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИДЕОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ СИСТЕМ**

### Введение

Развитие возможностей средств вычислительной техники, появление средств визуализации различных процессов позволяют перейти от номотетического способа представления информационных систем к их идеографическому представлению. Если номотетический подход – это способ познания, целью которого является установление общего, имеющего форму закона, то идеографический подход – это способ познания, целью которого является изображение объекта как единого уникального целого. Главной особенностью идеографического метода является постижение индивидуального в его однократности, уникальности и неповторимости.

Номотетический и идеографический подходы различаются по нескольким основаниям. Во-первых, по-разному понимается объект измерения. Если в рамках номотетического подхода присутствует понятие объекта как набора свойств, то идеографический подход представляет объект как целостную систему. Во-вторых, для каждого из подходов характерна разная направленность измерений: выявление и измерение общих для всех объектов их свойств – для номотетического подхода и распознавание индивидуальных особенностей объекта – для идеографического подхода. И, в-третьих, характер методов измерения в каждом из подходов различен по процессу и содержанию: стандартизованные методы измерения с одной стороны, и проективные методики и качественные техники – с другой.

Индивидуализация, переход к конкретным особенностям каждой из информационных систем требуют их представления в терминах идеографического подхода в виде индивидуальных образов. Однако решение подобной задачи невозможно без разработки некоторой индивидуальной модели, которая позволит представить как общие, так и личностные свойства информационных систем. В связи с тем, что человеческое мышление оперирует образами, а не формулами и цифрами, при разработке индивидуальной модели необходим переход

к широкому использованию идеографического метода в сочетании с номотетическим.

За последние 10-15 лет появился ряд работ, в которых сделана попытка разработки такой модели. В работах [1, 2] предложен идеографический метод представления систем имитационного моделирования, что позволило разработать ряд программных средств оперативного построения имитационных программ [3, 4]. В работах [5, 6] эти результаты были развиты для 2-уровневых имитационных моделей информационно-технологических систем, взаимосвязи между уровнями которых осуществляются на информационном уровне. В настоящее время получены результаты [7], которые позволяют распространить их на более широкий класс систем.

### 1. Постановка задачи

Проведенный анализ позволяет поставить следующую задачу: разработать теоретические основы идеографического метода и информационную технологию идеографического описания систем, которые, с одной стороны, позволят представлять различные системы с учетом их индивидуальности, а с другой – объединить идеографическое описание с их номотетическим представлением.

### 2. Теоретические основы метода

Основным методологическим предположением метода является предположение о том, что любая система может быть с определенной степенью точности представлена ее идеографической моделью.

*Определение 1.* Любая система  $S$  может быть представлена ее идеографической моделью  $Mg$ , т.е.  $Mg \equiv S$ , что определяет ее индивидуальность в однократности, уникальности и неповторимости.

Любая система  $S$  имеет определенную структуру и описывается своими неповторимыми характеристиками. Исходя из этого, идеографическая модель  $Mg$  системы  $S$  строится на основе идеографических элементов  $Ig_i$ .

*Определение 2.* Система  $S$ , которая моделируется, состоит из множества объектов  $Ob_i, (i = 1, n)$ .

При этом во множестве  $Ob = \{Ob_i\}$  нет равнозначных объектов:

$$S = \cup Ob_i, (i = \overline{1, n});$$

$$\forall i \in n \exists! Ob_i (Y_i = F(X_i)).$$

**Определение 3.** Идеографическая модель  $Mg$  системы  $S$  является объединением идеологических элементов  $Ig_i$ :

$$Mg = \bigcup_{i=1}^n Ig_i, (i = \overline{1, n}).$$

**Определение 4.** Идеографический элемент  $Ig_i$  описывает только один определенный объект  $Ob_i$  реальной системы, т.е.

$$\forall Ig_i \in Ig \vee \forall Ob_i \in Ob \exists! Ig_i \equiv Ob_i.$$

**Определение 5.** Идеографические элементы  $Ig_i$  подразделяются на два вида: структурный идеографический элемент  $Ig_i^c$ ; функциональный идеографический элемент  $Ig_i^f$ .

**Определение 6.** Структурный идеографический элемент  $Ig_i^c$  идеографической модели  $Mg$  описывает только один определённый структурный объект  $Ob_i^c$  обработки материального потока моделируемой системы  $S$ .

**Определение 7.** Функциональный идеографический элемент  $Ig_i^f$  идеографической модели  $Mg$  описывает методы обработки данных и их визуализации в моделируемой системе  $S$ .

**Определение 8.** Структурный  $Ig_i^c$  и функциональный  $Ig_i^f$  идеографические элементы имеют трёхуровневую структуру, которая состоит из логического ( $l$ ), концептуального ( $k$ ) и физического ( $f$ ) уровней (рис. 1).

Логический уровень  $Ig_i$  – это идеографическое представление объекта  $Ob_i$  системы  $S$ , т.е. графическое, видеографическое или иное изображение, которое является легко узнаваемым. Физический уровень  $Ig_i$  – это физический элемент объекта  $Ob_i$  системы  $S$ , который может быть представлен в виде устройства, программы, схемы или другого элемента. Концептуальный уровень  $Ig_i$  – это уровень преобразования идеографического описания  $Ig_i$  в его физическое описание. Этот уровень может быть представлен математическими моделями, функциональными зависимостями и другим.

**Определение 9.** Функция  $F^\Phi: X^\Phi \rightarrow Y^\Phi$  или  $Y^\Phi = F^\Phi(X^\Phi)$  есть отображение множества входных значений  $X^\Phi$  во множество элементов выходных результатов  $Y^\Phi$  каждого из функциональных идеографических элементов  $Ig_i^f$  идеографической модели  $Mg$  на каждом из уровней отображения:  $l^\Phi, k^\Phi, f^\Phi$ . Пространство входных переменных определяется областями определения  $A^\Phi$  переменных  $x_1^\Phi, x_2^\Phi, \dots, x_{A^\Phi}^\Phi$ , а элементом входных данных являются точки  $x_1^\Phi, x_2^\Phi, \dots, x_{A^\Phi}^\Phi$ . Пространство выходных переменных определяется областями значений  $B^\Phi$  переменных  $y_1^\Phi, y_2^\Phi, \dots, y_{B^\Phi}^\Phi$ ,

а элементом выходных результатов являются точки  $y_1^\Phi, y_2^\Phi, \dots, y_{B^\Phi}^\Phi$ .

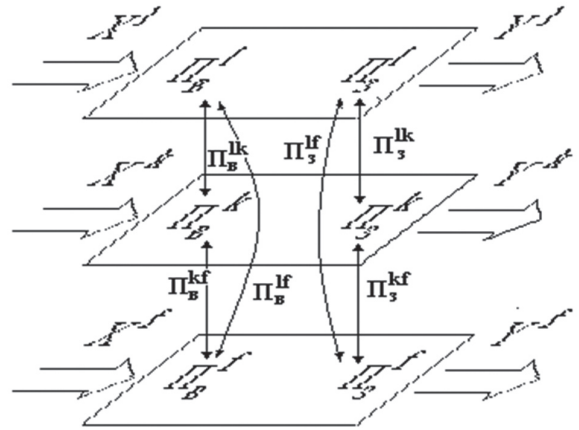


Рис. 1. Структурная схема идеографического элемента  $Ig_i$

**Определение 10.** Функция  $F^c: X^c \rightarrow Y^c$  или  $Y^c = F^c(X^c)$  есть отображение множества входных значений  $X^c$  во множество элементов выходных результатов  $Y^c$  каждого из структурных идеографических элементов  $Ig_i^c$  идеографической модели  $Mg$  на каждом из уровней отображения:  $l^c, k^c, f^c$ . Пространство входных переменных определяется областями определения  $A^c$  переменных  $x_1^c, x_2^c, \dots, x_{A^c}^c$ , а элементом входных данных являются точки  $x_1^c, x_2^c, \dots, x_{A^c}^c$ . Пространство выходных переменных определяется областями значений  $B^c$  переменных  $y_1^c, y_2^c, \dots, y_{B^c}^c$ , а элементом выходных результатов являются точки  $y_1^c, y_2^c, \dots, y_{B^c}^c$ .

**Аксиома 1.** Функция  $F^j: X^j \rightarrow Y^j$  или  $Y^j = F^j(X^j)$ , где  $j = (l, k, f)$  для каждого из уровней идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) идеографической модели  $Mg$ , имеет свои, свойственные только ей области определения входных  $A^l, A^k, A^f$  и выходных переменных  $B^l, B^k, B^f$ , а также соответствующие элементы входных  $x_i^j$  и выходных  $y_j^j$  результатов.

**Теорема 1.** Идеографическая модель  $Mg$  системы  $S$  имеет трёхуровневую структуру, состоящую из логического ( $l$ ), концептуального ( $k$ ) и физического ( $f$ ) уровней.

**Доказательство.** Исходя из *определения 8*, идеографический элемент  $Ig_i$  имеет трёхуровневую структуру, а исходя из *определения 3* идеографическая модель  $Mg$  является объединением идеографических элементов, поэтому идеографическая модель  $Mg$  наследует структуру идеографического элемента и имеет трёхуровневую структуру.

**Теорема 2.** Идеографический элемент  $Ig_i$  (структурный или функциональный) на каждом уровне описания состоит из: плана отображения  $(\Pi_0^j)$  – графического отображения функции преобразования  $Y^j = F^j(X^j)$  во множество переменных  $P^j$ , которые состоят из переменных входа, выхода и внутренних переменных  $P^j = \{x^j, y^j, v^j\}$ ;

плана содержания  $(\Pi_c^j)$ , математического выражения, которое задает преобразование множества переменных  $P^j = \{x^j, y^j, v^j\}$ .

**Доказательство.** На основании *определений 4, 9 и 10* идеографический элемент  $Ig_i$  имеет, во-первых, многоуровневую структуру, а во-вторых, описывается функцией преобразования  $Y = F(X)$  множества входных элементов данных  $X$  во множество выходных результатов  $Y$ , что, в общем случае, является математическим выражением, а в-третьих, свое отображение в соответствии с восприятием различными категориями пользователей.

**Теорема 3.** Между планом отображения  $\Pi_o$  и планом содержания  $\Pi_c$  уровней описания идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) есть взаимнооднозначное соответствие, которое описывается с помощью плана отображения  $(\Pi_o^{lk}, \Pi_o^{lf}, \Pi_o^{kf})$  и плана содержания  $(\Pi_c^{lk}, \Pi_c^{lf}, \Pi_c^{kf})$  уровней.

**Доказательство.** Исходя из того, что каждый идеографический элемент  $Ig_i$  описывает один определенный объект моделируемой системы (*определение 4*), а также из того, что каждый уровень описания имеет свой план отображения  $(\Pi_o^l, \Pi_o^k, \Pi_o^f)$  и содержания  $(\Pi_c^l, \Pi_c^k, \Pi_c^f)$  — *теорема 2*, выходит, что между планами отображения  $(\Pi_o)$  и планами содержания  $(\Pi_c)$  уровней можно найти математическое выражение — план отображения уровней  $(\Pi_o^{lk}, \Pi_o^{lf}, \Pi_o^{kf})$  и план содержания уровней  $(\Pi_c^{lk}, \Pi_c^{lf}, \Pi_c^{kf})$ :

$$\Pi_c^l = \Pi_c^{lk} (\Pi_c^k);$$

$$\Pi_c^l = \Pi_c^{lf} (\Pi_c^f);$$

$$\Pi_c^k = \Pi_c^{kf} (\Pi_c^f).$$

При этом считается, что расположение кодов уровней в верхнем индексе определяет порядок отображения:  $lk$  — логического в концептуальный,  $lf$  — логического в физический,  $kf$  — концептуального в физический.

**Теорема 4.** Выходные результаты  $y_i^j$  идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) не могут быть входными  $x_i^j$  данными того же элемента.

**Доказательство.** Если в идеографической модели  $Mg$  существует  $y = f(y, x)$ , то это означает, что объект  $Ob_i$  моделируется системой, передает выходные результаты на свой вход, что невозможно в классе последовательно связанных объектов системы.

**Аксиома 2.** Количество и степень отношения между входными и выходными переменными идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) определяет аксиома вычисления  $e(Ig_i)$ .

**Аксиома 3.** Количество входов идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) определяется порогом вычисления  $p(Ig_i)$ .

**Аксиома 4.** Каждый функциональный идеографический элемент  $Ig_i^\Phi$  имеет связь по информации со структурным идеографическим элементом  $Ig_i^c$ , что позволяет персонифицировать данные каждого функционального идеографического элемента  $Ig_i^\Phi$  с конкретным структурным идеографическим элементом  $Ig_i^c$ .

**Аксиома 5.** Структурный идеографический элемент  $Ig_i^A$  имеет несколько планов отображения  $(\Pi_o^j)$ , которые используются для его отображения на  $v$ – $x$  уровнях иерархической структуры идеографической модели  $Mg$ .

**Теорема 5.** Количество соединений, которые объединяют два смежных идеографических элемента  $(Ig_i, Ig_{i+1})$ , не должно превышать их пороги вычисления:  $p = \min(Ig_i, Ig_{i+1})$ .

**Доказательство.** Превышение порогов вычисления при объединении двух смежных идеографических элементов  $(Ig_i, Ig_{i+1})$  привело бы к нарушению *аксиомы 3*, то есть к тому, что пороги вычисления идеографических элементов установлены неверно.

**Теорема 6.** Выходные результаты идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) являются входными данными другого идеографического элемента  $Ig_{i+1}$  только в том случае, если они имеют совместную аксиому вычисления  $e(Ig_i, Ig_{i+1})$ .

**Доказательство.** На основании *аксиомы 4* два идеографических элемента  $(Ig_i, Ig_{i+1})$  могут объединиться в ансамбль при существовании между их переменными совместной аксиомы вычисления  $e(Ig_i, Ig_{i+1})$ . Поэтому, если такая аксиома не существует, то выходные результаты  $Y(Ig_i)$   $i$ -го идеографического элемента не могут быть входными переменными  $X(Ig_{i+1})$   $(i+1)$ -го идеографического элемента.

**Теорема 7.** Комплексование идеографических элементов  $Ig_i$  (структурных и функциональных) в идеографическую модель  $Mg$  выполняется на основании их планов отображения  $\Pi_o = \{\Pi_o^l, \Pi_o^k, \Pi_o^f\}$ , а проверка правильности комплексования — на основании их планов содержания  $\Pi_c = \{\Pi_c^l, \Pi_c^k, \Pi_c^f\}$ .

**Доказательство.** Согласно *теореме 2* план отображения  $(\Pi_o^j)$  идеографического элемента — это графическое отображение функции преобразования  $Y^j = F^j(X^j)$ , то есть некоторое визуальное представление объекта  $Ob_i$  моделируемой системы  $S$ , которое используется для построения визуального представления системы  $S$ , а план содержания  $(\Pi_c^j)$  — это математическое выражение, которое описывает функцию преобразования  $Y^j = F^j(X^j)$ . Следовательно, построение визуального представления моделируемой системы  $S$  возможно только

на основании визуальных представлений объектов  $Ob_i$  этой системы, то есть их планов отображения  $\Pi_o = \{\Pi_o^l, \Pi_o^k, \Pi_o^f\}$ , а проверка правильности комплексирования – на основании совместимости их функций преобразования  $F^j : X^j \rightarrow Y^j$ , то есть планов содержания  $\Pi_c = \{\Pi_c^l, \Pi_c^k, \Pi_c^f\}$

**Теорема 8.** Пороги вычисления уровней идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) одинаковы:  $p^l = p^k = p^f$ .

**Доказательство.** Так как каждый уровень идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) представляет одну и ту же функции преобразования  $Y^j = F^j(X^j)$ , но в разном виде (логическом, концептуальном и физическом), пороги вычисления уровней идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) не могут быть не одинаковы.

**Теорема 9.** Между входными переменными уровнями идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального)  $X = \{X^l, X^k, X^f\}$  и выходными результатами  $Y = \{Y^l, Y^k, Y^f\}$  существует взаимно однозначное соответствие.

**Доказательство.** Так как каждый уровень идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального) представляет одну и ту же функцию преобразования  $Y^j = F^j(X^j)$ , но в разном виде (логическом, концептуальном и физическом), между входными переменными уровнями идеографического элемента  $Ig_i$  (структурного или функционального)  $X = \{X^l, X^k, X^f\}$  и выходными результатами  $Y = \{Y^l, Y^k, Y^f\}$  не может не существовать взаимно однозначное соответствие.

**Теорема 10.** Множество идеографических элементов  $Ig_i$  (структурных и функциональных), которые описывают идеографическую модель  $Mg$  системы  $S$ , не содержит двух идеографических элементов, которые имеют одинаковые планы отображения  $\Pi_o = \{\Pi_o^l, \Pi_o^k, \Pi_o^f\}$ , планы содержания  $\Pi_c = \{\Pi_c^l, \Pi_c^k, \Pi_c^f\}$  и множества переменных  $X, Y$ , то есть:

$$\forall i \in n \exists! Ig_i,$$

$$\Pi_o(Ig_i) \neq \Pi_o(Ig_{(-i)}) \vee \Pi_c(Ig_i) \neq \Pi_c(Ig_{(-i)}) \vee A(Ig_i) \neq A(Ig_{(-i)}) \vee B(Ig_i) \neq B(Ig_{(-i)}).$$

**Доказательство.** Согласно определению 4 идеографический элемент  $Ig_i$  описывает только один определенный объект  $Ob_i$  реальной системы, то есть  $Ig_i \equiv Ob_i$ . Поэтому если предположить, что имеется больше одного идеографического элемента  $Ig_i$ , которые имеют одинаковые планы отображения  $\Pi_o = \{\Pi_o^l, \Pi_o^k, \Pi_o^f\}$ , планы содержания  $\Pi_c = \{\Pi_c^l, \Pi_c^k, \Pi_c^f\}$  и множества переменных  $X, Y$ , то это означало бы, что нарушено определения 4 и неправильно сформирован состав идеографических элементов  $Ig_i$  идеографической модели  $Mg$  системы  $S$ .

### 3. Информационная технология идеографического описания систем

Представленные в работе теоретические основы идеографического метода позволяют реализовать информационную технологию описания широкого класса систем на основе идеограмм (рис. 2). Основными объектами этой технологии являются:

- пользователь (а) идеографического описания системы;
- проектировщик (б) идеографических элементов описания системы;
- идеографическая модель системы (с);
- инструментальное средство (д), используемое при создании идеографических элементов;
- реестр идеографических элементов (е).

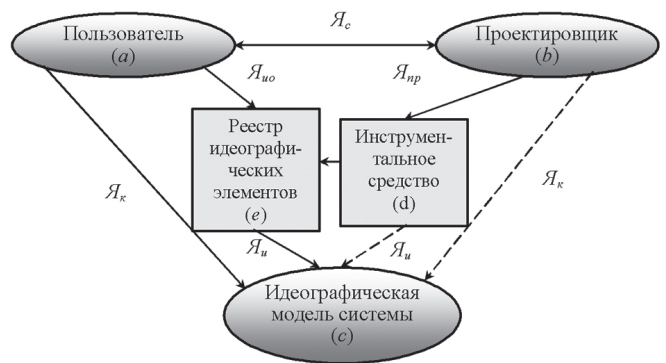


Рис. 2. Контекстная схема информационной технологии идеографического моделирования систем

Информационная технология реализуется следующим образом: пользователь (а) и проектировщик (б), используя язык спецификаций  $Я_c$ , определяют требования к идеографическому моделированию (описанию) той предметной области (системы), в которой работает пользователь. Проектировщик (б), используя язык проектирования  $Я_{пр}$  и инструментальное средство (д), выполняет создание идеографических элементов описания системы и размещает их в реестре (е). Проектировщик (б) при отладке идеографических элементов описания системы использует язык  $Я_u$  создания идеографической модели системы (с) и язык команд  $Я_k$  для управления процессом использования идеографической модели системы (с).

Пользователь (а), используя язык идеографического описания  $Я_{ио}$ , имеет возможность анализировать состав реестра идеографических элементов (е) и, используя язык описания идеографической модели  $Я_u$  системы (с), создает идеографическую модель (с), а используя язык команд  $Я_k$  управляет процессом использования идеографической модели системы (с).

### Выводы

Разработанные теоретические основы идеографического описания систем позволяют оперировать с системой на основе образов (плана отобра-

жения), а не математических зависимостей, схем, диаграмм и другого (плана содержания), что более естественно для пользователя. Однако реализация такого взаимодействия требует разработки информационной технологии идеографического описания систем (рис. 2) для конкретной предметной области, что является направлением дальнейшего развития работ. При разработке такой информационной технологии необходимо:

- определиться с объектами информационной технологии (рис. 2);
- разработать соответствующие языки информационной технологии с учетом особенностей выбранной предметной области;
- апробировать адаптивную информационную технологию для решения задач идеографического моделирования элементов и объектов системы выбранной предметной области;
- провести анализ использования адаптивной информационной технологии для решения задач идеографического моделирования элементов и объектов систем различного назначения.

**Список литературы:** 1. Кузьменко, В.М. Спеціальні мови програмування. Програмні та інструментальні засоби моделювання складних систем: [навч. посібник] [Текст] / В.М. Кузьменко – Х.: ХНУРЕ, 2000. – 324 с. 2. Кузьменко, В.М. Інформаційна технологія імітаційного моделювання на основі ідеографічного підходу [Текст] / В.М. Кузьменко // Надійність інструменту та оптимізація технічних систем. – 1999. – Вип. 9. – С. 64-70. 3. Кузьменко, В.М. Метод імітаційного моделювання складних систем на основі ідеографічного підходу [Текст] / В.М. Кузьменко, Л.Ф.Ненько // Проблеми біоніки. – 2000. – № 52. – С. 67-72. 4. Ненько, Л.Ф. Методи і средства оперативного управління інтегрованими організаційно-технологічними системами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «АСУ і прогресивні інформаційні технології» / Л.Ф.Ненько. – Х.,

2001. – 21 с. 5. Шульга, Ю.В. Модели автоматизированного проектирования технологических систем обработки отправок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования» / Ю.В. Шульга. – Х., 2002. – 21 с. 6. Кузьменко, В.М. Інструментальне средство імітаційного моделювання інформаційно-технологічних систем [Текст] / В.М. Кузьменко, Ю.В. Шульга // АСУ і прибори автоматики. – 2002. – № 120. – С. 51 – 55. 7. Кузьменко, С.В. Модели и информационная технология контроля в распределенных организационно-технологических системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Информационные технологии» / С.В. Кузьменко. – Х., 2008. – 21 с.

*Поступила в редколлегию 05.07.2011*

УДК 519.72;681.326

**Теоретичні основи ідеографічного методу** / С.В. Кузьменко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2011. – № 3 (77). – С. 65-69.

Розглядається сучасний стан моделювання інформаційних системах з використанням засобів ідеографічного методу. Наведено нові результати щодо теоретичного обґрунтування ідеографічного моделювання інформаційних систем. Як практичний результат отриманих теоретичних досліджень приведена інформаційна технологія інформаційного опису систем з використанням ідеографічного методу.

Л. 2. Бібліогр.: 7 найм.

UDS 519.72;681.326

**Theoretical bases of an ideographic method** / S.V. Kuzmenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2011. – № 3 (77). – P. 65-69.

The current state of modeling information systems with use of means of an ideographic method is considered. New results concerning a theoretical substantiation of ideographic modeling of information systems are resulted. As practical result of the received theoretical researches the information technology of the information description of systems with use of an ideographic method is resulted.

Fig. 2. Ref.: 7 items.