

УДК 519.7:007.52; 519.711.3



ЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.Д. Вечирская¹, Н.А.Валенда²^{1,2} ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, ira_se@list.ru

Исследованы подходы к применению линейных логических преобразований для решения проблем обработки и представления естественных языковых данных с помощью информационных технологий. Проанализированы такие понятия, как сетевая модель, структура сетевой модели, сетевой метод планирования и управления на примере логической сети глагольной флексии.

ГЛАГОЛЬНАЯ ФЛЕКСИЯ, ЛЕКСИКОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ЛИНЕЙНОЕ ЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ, ЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ, СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ, СЕТЕВОЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ, СТРУКТУРА СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Введение

В настоящее время понятие сети стало настолько обширным, что трудно представить себе какую-то область деятельности, где бы не применялись сетевые технологии. Сеть как некая структура с многочисленными связями обладает определенным набором свойств как связанных с предметной областью, так и более общих, выходящих за ее границы. Возникло понятие Semantic Web, которое вместило в себя слияние Web-технологий и науки о представлении знаний, направленное на создание и поддержку сложных моделей мира, которые позволяют рассуждать о себе и о связанной с ними информации. Сеть создает синергию, эффект которой заключается в том, что за счет взаимного усиления действующих факторов общий результат превосходит сумму результатов действия отдельно взятых факторов.

Активное развитие лингвистических технологий, ценность которых как ресурсов постоянно возрастает, приводит к необходимости разработки различных лингвистических ресурсов: поисковых систем, порталов, лингвистических корпусов, различных словарей, электронных библиотек и т.д. Так, в Украинском языково-информационном фонде НАН Украины был успешно реализован проект, позволяющий большим коллективам ученых в виртуальном режиме выполнять значительные лингвистические задачи. Такая система основана на единой концептуальной модели в распределенной сетевой среде лингвистических моделей и ресурсов и объединяет цели, задачи, технологии и структуры, реализованные в системе нескольких языков [1].

Основным естественным звеном машинного перевода являются словари. Как правило, они ориентированы на детальный перевод, который предполагает наличие самых разнообразных функциональных возможностей: возможность редактирования, снятие лексических многозначностей, настройку на конкретную предметную область и т.д.

Подход к архитектурным решениям для лингвистических алгоритмов (алгоритм анализа текста на естественном языке) включает в себя три процесса: анализ входного предложения в терминах структур входного языка, преобразование этой структуры в аналогичную структуру выходного языка и затем синтез выходного предложения по полученной структуре. Перспективным предполагается использование некоторого метаязыка структур [2]. Такой метаязык должен иметь возможность описания всех структур как входного, так и выходного языков в общем случае. Сложность в этом случае состоит в разработке самого метаязыка и описании естественного языка в соответствующих терминах [3]. Таким образом, назревает необходимость создания универсального языка описания естественной языковой информации.

Создание электронных словарей осуществляется, как правило, посредством парсинга — электронный текст словаря заносят в компьютерную базу, которая поддерживает заранее разработанный формат данных. Технология реализации этого процесса бывает достаточно сложной по причине отсутствия формальных средств для описания конкретной математической модели по определению соответствующих параметров словарных комплексов. Оптимальным было бы описание всех процессов в рамках одной общей алгебры.

Универсальным формальным средством для математического описания человеческого языка является алгебра конечных предикатов, которая представляет собой [4], [5] обобщение аппарата булевых функций и многозначной логики. Конечные алфавитные операторы [6], [7], вводимые алгеброй конечных предикатов, повышают качество формального представления детерминированных, дискретных и конечных информационных процессов. Алгебра конечных предикатов позволяет описывать эти процессы с помощью уравнений. Язык уравнений вполне соответствует специфике интеллектуальных процессов, чем выгодно отличается от алгоритмического описания [4]. Исчисление

предикатов, как и исчисление высказываний, дает аппарат уравнений, который может быть использован для описания естественного языка. Эффективно решать построенные уравнения позволяет алгебра логики [8].

Таким образом, цель работы состоит в развитии алгебро-логического аппарата линейных логических преобразований как средства реализации объектов естественного языка.

**1. Линейный логический функционал.
Линейное логическое преобразование**

Введем понятие линейного логического функционала [9].

Функционал — отображение f произвольного множества X в множество R действительных (в нашем случае будем рассматривать в качестве множества X множество натуральных чисел $N \in R$) или S комплексных чисел. Если X наделено структурой векторного пространства, топологического пространства, упорядоченного множества, то возникают соответственно важные классы линейных, непрерывных, монотонных функционалов [10].

Линейным логическим функционалом на L_m называется любая функция $f : L_m \rightarrow G$, обладающая свойствами аддитивности и однородности, которые можно представить в следующем виде:

- 1) свойство аддитивности $f(x \vee y) = f(x) \vee f(y)$, где $x, y \in L_m$;
- 2) свойство однородности $f(\alpha x) = \alpha f(x)$, где $x \in L_m, \alpha \in G$.

Понятие линейного логического функционала вводят и для произвольных логических пространств.

Утверждение об общем виде линейного логического функционала. Пусть $x \in L_m, x = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)$, где $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m$ — координаты вектора x . Тогда любой линейный логический функционал $f : L_m \rightarrow G$ (и только такой функционал) может быть представлен в виде:

$$f(x) = \alpha_1 \xi_1 \vee \alpha_2 \xi_2 \vee \dots \vee \alpha_m \xi_m. \quad (1)$$

Выражение (1) называется общим видом линейного логического функционала на L_m .

Преобразование — отображение u некоторого множества M (вообще говоря, наделенного некоторой структурой) в себя. Образ элемента $\alpha \in M$ при преобразовании u обозначается $u(\alpha)$, или $u\alpha$, или α^u . Совокупность всех преобразований множества M в себя образует относительно операции умножения (суперпозиции) преобразований полугруппу, называемую симметрической полугруппой на множестве M [11].

Таким образом, обобщаем понятие функционала, переходя от множества натуральных чисел к произвольному множеству любой природы, наделив его при этом структурой логического пространства [12].

Под таким множеством можно подразумевать множество произвольных символов, в частности, множество, определяющее структуру какой-либо лексикографической модели данных [1].

Линейное логическое преобразование. Логическим преобразованием, отображающим пространство L_m размерности m в пространство L'_n размерности n , называется любая функция $F : L_m \rightarrow L'_n$. Линейным логическим преобразованием называется любое логическое преобразование, обладающее следующими свойствами:

- 1) аддитивности — $F(x \vee y) = F(x) \vee F(y)$;
- 2) однородности — $F(\alpha x) = \alpha F(x)$.

Утверждение об общем виде линейного логического преобразования. Пусть $x \in L_m, y \in L'_n, x = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m), y = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$, L_m и L'_n — логические пространства. Тогда любое линейное логическое преобразование можно представить в виде:

$$\eta(j) = \exists i \in A \alpha(i, j) \xi(i),$$

где $A = \{1, 2, \dots, m\}, B = \{1, 2, \dots, n\}, i \in A, j \in B$.

Утверждение об общем виде линейного логического преобразования. Предикатная интерпретация. Для того чтобы функция $F : P_A \rightarrow P_B$ была линейным логическим преобразованием, необходимо и достаточно, чтобы для любого $y \in B$, где $K(x, y)$ — предикат из $P_{A \times B}$, она имела вид

$$Q(y) = \exists x \in A (K(x, y) P(x)). \quad (2)$$

Если рассматривать построение словарей, то естественно будет под преобразованием F подразумевать отображение какого-либо слова в множество значений его грамматических признаков. При этом ядро линейного логического преобразования будет отображать сами категории выделенных грамматических признаков. Так, элементами множества грамматических признаков могут служить род, число, падеж, время, залог, склонение, лицо, вид и т.д. Для решения задач формализации естественного языка на этом этапе важно правильно выделить категории грамматических признаков, разделив их на соответствующие уровни иерархии (рис. 1).



Рис. 1. Графическое представление примера моделирования морфологических структур

2. Логическая сеть как средство формального описания и реализации произвольного отношения

Далее перейдем к исследованию вопроса построения логической сети [13] для формализации естественных языковых структур.

Сеть – обобщение понятия графа. Сеть задается парой вида (V, E) , в которой V – некоторое множество, $E = (E_0, E_1, E_2, \dots)$ – семейство наборов элементов из V . В наборах $E_i \in E$ элементы могут, вообще говоря, повторяться. Элементы множества V называются вершинами сети, элементы набора E_0 – полюсами сети, наборы $E_i, i = 1, 2, \dots$, – ребрами сети.

Понятие сети используется в определении и описании управляющей системы и специальных классов управляющих систем (контактные схемы, схемы из функциональных элементов), диаграмм переходов автоматов, коммуникационных сетей и др.

Сетевая модель – интерпретация программы (плана) реализации некоторого комплекса взаимосвязанных работ в виде графа ориентированного без контуров, отражающего естественный порядок выполнения работ во времени с некоторыми дополнительными данными комплекса (стоимость, ресурсы, продолжительность и т.д.) В зависимости от условий при обработке информации сетевая модель может иметь и другие формы представления – табличную, цифровую и т.п. Все формы сетевой модели равносильны. Для логических сетей показательной является именно табличная форма представления.

Основной сетевой модели является ее структура.

Сетевая модель строится на основе своей структуры в зависимости от целей, которые ставятся при этом относительно комплекса работ.

Таким образом, логическая сеть – это неориентированный связный граф (V, E) с множеством вершин V и множеством ребер E . Множеством вершин V логической сети служит множество всех предметных переменных описываемой модели, множеством ребер E – множество всех бинарных предикатов модели, каждый из которых является функцией, зависящей от пары переменных, принадлежащих множеству V . Каждая вершина сети, называемая полюсом сети, обозначает некоторую предметную переменную модели, а каждое ребро сети, называемое ветвью сети, обозначает один из бинарных предикатов модели. Таким образом, логическая сеть – это способ представления описываемой модели. Однако представить модель логической сетью можно лишь в том случае, когда предикат модели выражается через конъюнкцию бинарных предикатов. Поэтому «логическая сеть» – это укороченный вариант термина «бинарная логическая сеть».

Логической сетью называется сеть, ребра которой отображают логическую связь (отношения) между элементами некоторого множества.

Закон, определяющий работу графа (логической сети), следующий:

$$v^{a_i} = \begin{cases} 1, & a_i \in A_i; \\ 0, & a_i \notin A_i, \end{cases}$$

где v – переменная, обозначающая некоторую вершину графа; a_i – соответствующее значение. Таким образом, вычисления происходят в полюсах логической сети. Работу ребер можно определить формулой для вычисления линейного логического преобразования (2).

Однако термин «логическая сеть» уже сейчас понимается в двух разных смыслах. С одной стороны, так можно называть предикат модели, представленный конъюнкцией бинарных предикатов. То есть это просто предикатная модель особого вида. С другой стороны, «логическая сеть» понимается как устройство (автомат – см. [14]), которое построено на основе вышеупомянутой бинарной предикатной модели и которое решает систему бинарных предикатных уравнений. Это устройство выглядит так (рис. 2):

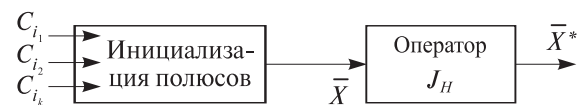


Рис. 2. Логическая сеть как устройство

Логическая сеть как устройство работает в итеративном режиме. Тогда уместно говорить о состояниях её полюсов, о движении информации по ветвям сети, о пересечении множеств при определении очередного состояния полюса и пр. На каждом такте (итерации) выполняются преобразования множеств (движение информации по ветвям) и обновляются состояния некоторых из полюсов сети.

3. Сетевая модель глагольной флексии

Рассмотрим далее сетевую модель глагольной флексии с точки зрения сетевых технологий. Модель глагольной флексии L_{21} представляет собой морфологическое отношение, описываемое следующим уравнением алгебры предикатов

$$L_{21}(X_I, X_{II}, Y) = 1, \quad (3)$$

где $X_I = \{x_2, x_3, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}\}$ – набор грамматических признаков, характеризующих влияние дальнего текста на окончание (флексия); $X_{II} = \{x_{06}, x_{*6}, x_{07}, x_{*7}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}\}$ – набор лексических признаков, характеризующих влияние ближнего текста на окончание; $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ – глагольное окончание, которое состоит из первой,

второй и третьей букв – y_1, y_2 и y_3 соответственно [15].

Выполнив бинарную декомпозицию предиката (3), мы построили модель логической сети для морфологического отношения L_{21} . Полюсы сети представлены системой из двадцати двух уравнений, выражающих области определения предметных переменных модели:

$$\begin{aligned}
 &x_2^m \vee x_2^{mc} \vee x_2^c = 1, \quad x_3^e \vee x_3^m = 1, \quad x_{11}^u \vee x_{11}^a = 1, \\
 &x_{12}^u \vee x_{12}^n = 1, \quad x_{13}^u \vee x_{13}^n = 1, \quad x_{14}^1 \vee x_{14}^2 \vee x_{14}^3 = 1, \\
 &t^1 \vee t^2 \vee \dots \vee t^{12} = 1, \quad x_{06}^y \vee x_{06}^b = 1, \quad x_{*6}^y \vee x_{*6}^b = 1, \\
 &x_{07}^a \vee x_{07}^b \vee \dots \vee x_{07}^n = 1, \quad x_{*7}^e \vee x_{*7}^c = 1, \quad x_{15}^1 \vee x_{15}^2 = 1, \\
 &x_{16}^1 \vee x_{16}^2 = 1, \quad x_{17}^d \vee x_{17}^u = 1, \quad x_{18}^e \vee x_{18}^c = 1, \quad x_{19}^d \vee x_{19}^u = 1, \\
 &s^1 \vee s^2 \vee \dots \vee s^{32} = 1, \quad u^1 \vee u^2 \vee \dots \vee u^{98} = 1, \quad (4) \\
 &v^y \vee v^{yo} \vee \dots \vee v^{ub} = 1, \\
 &y_1^a \vee y_1^e \vee y_1^v \vee y_1^u \vee y_1^y \vee y_1^{yo} \vee y_1^a \vee y_1^- = 1, \\
 &y_2^u \vee y_2^v \vee y_2^m \vee y_2^y \vee y_2^u \vee y_2^u \vee y_2^u \vee y_2 = 1, \\
 &y_3^a \vee y_3^e \vee y_3^u \vee y_3^o \vee y_3^b \vee y_3 = 1.
 \end{aligned}$$

Ветви сети представлены системой из двадцати одного уравнения с предикатами, полученными в результате бинарной декомпозиции предиката (3); система этих уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned}
 &Xi[x_2, t] = 1, \quad Xi[x_3, t] = 1, \quad Xi[x_{11}, t] = 1, \quad Xi[x_{12}, t] = 1, \\
 &Xi[x_{13}, t] = 1, \quad Xi[x_{14}, t] = 1, \quad Ex[x_{06}, u] = 1, \\
 &Ex[x_{*6}, u] = 1, \quad Ex[x_{07}, u] = 1, \quad Ex[x_{*7}, u] = 1, \\
 &Ex[x_{15}, u] = 1, \quad Ex[x_{16}, u] = 1, \quad Ex[x_{17}, u] = 1, \quad (5) \\
 &Ex[x_{18}, u] = 1, \quad Ex[x_{19}, u] = 1, \quad Es[u, s] = 1, \quad Phi_1[t, v] = 1, \\
 &Phi_1[s, v] = 1, \quad Phi_2[v, y_1] = 1, \quad Phi_2[v, y_2] = 1, \\
 &Phi_2[v, y_3] = 1.
 \end{aligned}$$

На рис. 3 приведена схема логической сети для морфологического отношения L_{21} . Пунктирной линией очерчены ветви, полученные в результате декомпозиции указанного отношения. Полюсы вспомогательных переменных u и v отмечены затемненными кружками.

Сетевое планирование, сетевой метод планирования и управления как метод управления при реализации некоторого комплекса работ (проекта, программы, темы и т.п.) на основе сетевой модели позволяют существенно поднять качество планирования и управления при реализации процесса работы, а также играют роль механизма в управлении, помогающего обрабатывать информацию о фактическом состоянии работ для данного момента времени и о прогнозируемых изменениях и необходимой корректировке планов для выполнения оставшихся работ.

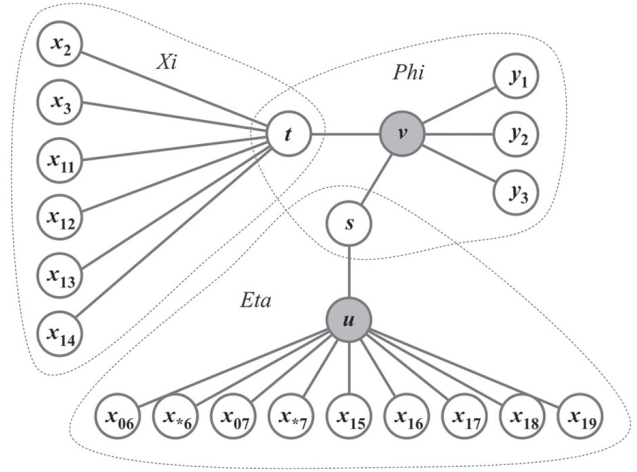


Рис. 3. Схема логической сети для модели глагольной флексии

На рис. 4, 5 изображен пример работы логической сети глагольной флексии по тактам.

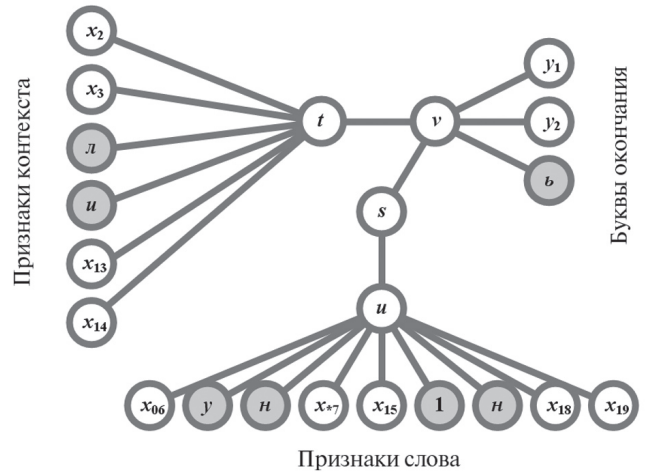


Рис. 4. Начальное состояние сети

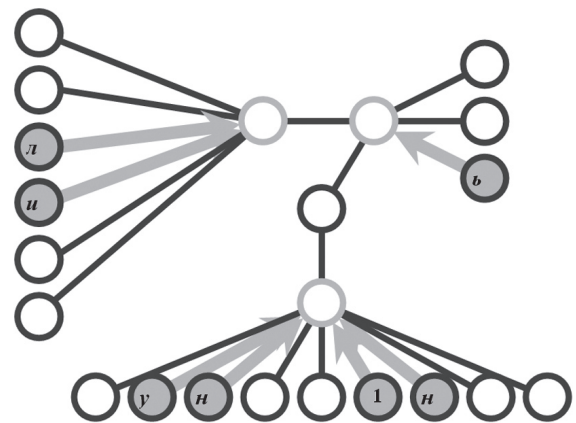


Рис. 5. Первый полутакт первого такта

В нашем примере моделирования окончания глаголов рисунки 4, 5 иллюстрируют элементы сетевого планирования (или управления).

Выводы

В статье были исследованы подходы к применению линейных логических преобразований для решения проблем обработки и представления ес-

тественноязыковых данных с помощью информационных технологий.

Актуальность сетевых технологий во всех отраслях науки и техники указывают на перспективу дальнейших исследований по применению линейных логических преобразований в самых различных областях: создание электронных словарей (уровень морфологии), машинный перевод (синтаксис, семантика).

Таким образом, на примере логической сети проанализированы такие понятия, как сетевая модель, структура сетевой модели, сетевой метод планирования и управления, определен подход к построению структур алгебры конечных предикатов для моделирования иерархии морфологических структур, элементам морфологии (глагольная флексия). В дальнейшем представляет интерес построить сеть для грамматических признаков, общих для разных частей речи (инфинитив, род, число, падеж, залог, наклонение, время, лицо вид), исследуя их взаимодействие их грамматических значений для установления соответствующих отношений.

Список литературы: 1. Широков, В.А. Элементы лексикографии [Текст]/ В.А. Широков. – К.: Довіра, 2005. – 304 с. 2. Четвериков, Г.Г. Многозначные структуры (анализ, сравнение, синтез, обобщение) [Текст]. Ч.1: учеб. пособие /Г.Г. Четвериков. – К.: ІЗМН, 1997. – 192с. 3. Как переводит компьютер [Электронный ресурс] / С.В.Соколова. – Режим доступа: http://www.translationmemory.ru/technology/articles/article_Sokolova.php – 05.11.2010 г. – Загл. с экрана. 4. Шабанов-Кушнарченко, Ю.П. Теория интеллекта. Математические средства [Текст]/ Ю.П. Шабанов-Кушнарченко – Х.: Вища школа, 1984. – 142 с. 5. Шабанов-Кушнарченко, Ю.П. Теория интеллекта. Технические средства [Текст]/ Ю.П. Шабанов-Кушнарченко – Х.: Вища школа, 1986. – 136 с. 6. Шабанов-Кушнарченко, Ю.П. Аналитический метод явного задания конечных алфавитных операторов [Текст]/ Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Проблемы бионики: Сб. науч. трудов. – 1980. – вып. 53 – С. 22-29. 7. Шабанов-Кушнарченко, Ю.П. Аналитические методы неявного задания конечных алфавитных операторов [Текст]/ Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // АСУ и приборы автоматики. – 1980. – Вып. 54. – С. 96-102.

8. Закревский, А.Д. Логические уравнения [Текст]/ А.Д. Закревский. – Минск: Наука и техника, 1975. – 96 с. 9. Бондаренко, М.Ф. О линейных предикатах [Текст]/ М.Ф. Бондаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнарченко // Проблемы бионики: Сб. науч. трудов. – 1989. – Вып. 43. – С. 3-7. 10. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Текст] / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М., 1981. – 403 с. 11. Математическая энциклопедия [Текст]: Гл. ред. И.М. Виноградов. Т.4. Слу – Я – М., «Советская Энциклопедия», 1984. – 1248 стб., ил. 12. Вечирская, И.Д. Формальное описание логического пространства [Текст]/ И.Д. Вечирская, Г.Г. Четвериков // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3 – С. 781-789. 13. Бондаренко, М.Ф. Модели языка [Текст] / М.Ф. Бондаренко, В.А. Чикина, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта: научн.-техн. журнал. – 2004. – № 1(61). – С. 27-37. 14. Толковый словарь по вычислительным системам [Текст]/ Под ред. В. Иллингуорта и др.: Пер. с англ. А.К. Белоцкого и др.; Под ред. Е.К. Масловского. – М.: Машиностроение, 1990. – 560 с. 15. Логическая сеть для модели глагольной флексии русского языка [Текст]/ З.В. Дударь, А.А. Иванюков, В.В. Климушев, В.И. Обризан // Восточно-европейский журнал передовых технологий – Харьков, 2006. – № 4/2. – С. 80-89.

Поступила в редколлегию 14.05.2010

УДК 519.7:007.52; 519.711.3

Логічне перетворення як засіб реалізації мережевих технологій / І.Д. Вечірська, Н.А. Валенда // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2010. – № 3 (74). – С. 14-18.

Досліджено поняття мережевої моделі, структури мережевої моделі, мереженого методу планування і управління на прикладі дієслівної флексії російської мови. Визначено підхід до побудови структур алгебри скінченних предикатів для моделювання ієрархії морфологічних структур.

Л. 5. Бібліогр.: 15 найм.

UDC 519.7:007.52; 519.711.3

The linear logical transformation as network engineering / I.D. Vechirskaya, N.A.Valenda // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2010. – № 3 (74). – P. 14-18.

The model of verbal inflection on russian language as concept of network model, structure of network model, network technique of planning and management is investigated. Approach to AFP-structures building, what is models the morphological structures hierarchy is specified.

Fig. 5. Ref.: 15 items.