

# СТРУКТУРИРОВАННЫЕ СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ РАЗРАБОТКЕ МНОГОЯЗЫКОВЫХ СЛОВАРЕЙ

*Кульчицкий Б.Н., Тульчинский В.Г., Харченко А.В.*

Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины,  
03187 Киев, пр. Акад. Глушкова 40,  
тел.: +38(044)266-3603, e-mail: [pgt@ukr.net](mailto:pgt@ukr.net)

Задля економії витрат праці, підвищення якості та полегшення кооперації розробників пропонується комп'ютеризована технологія автоматизації розподіленої розробки багатомовних словників. Описуються структури даних і принципи організації інтерфейсу користувача.

The computer aided technique of the distributed multi-language dictionary development is proposed to save work efforts, improve quality and make the collaboration easy. Data structures and user interface approach are introduced.

С целью экономии трудозатрат, повышения качества и облегчения кооперации разработчиков предлагается компьютеризованная технология автоматизации распределенной разработки многоязыковых словарей. Описываются структуры данных и принципы организации пользовательского интерфейса.

Работа по разработке многоязыкового словаря общественно-политической терминологии ведется НАН Украины в тесной кооперации с Университетом Нанси-2 и Варшавским университетом. Эта работа является составной частью европейского проекта «Дом Центральной и Восточной Европы». Кроме специалистов Франции, Польши и Украины в разработке словаря участвуют лингвисты дюжины Восточно- и Центрально-Европейских государств. Словарь должен свести в единую систему общественно-политическую лексику романских, германских, угро-финских и славянских языков государств Европы. Цель проекта – способствовать улучшению взаимопонимания европейцев. Задачи разработки включают обеспечение максимально точного перевода официальных и рабочих документов ЕС и ЕЭС, облегчение соблюдения принципов политкорректности, толкование национально-специфических понятий и явлений. Язык издания словаря – французский.

Главные трудности разработки общественно-политических словарей вытекают из различных форм свойственной языкам специфики. Культурные и исторические различия приводят к смещению семантики в сторону общественно-политических и социальных феноменов актуальных для отдельных стран и народов. Например, «голодомор» официально признан ООН как форма геноцида. Однако само понятие, равно обозначаемое им явление, практически неизвестны за границами употребления украинского языка. Слово «прихватизація» едва ли попало в академические словари, но широко используется в политических выступлениях и газетных статьях. Положенная в его основу фонетическая идея дублируется в нескольких славянских языках. В ряде других восточно-европейских языков существуют аналогичные по смыслу идиомы. Однако для значительного числа европейских языков «прихватизація» нуждается скорее в толковании, чем в переводе, в силу недостаточной распространенности самого явления. Слова «западинец» и «східняк», обозначающие региональные отличия, зачастую характеризуют политические симпатии и социальные предпочтения современных украинцев точнее, чем целый набор терминов таких, как «демократ», «социалист», «националист» и т.п. Хотя перевод в этом случае не вызывает трудностей, он бесполезен без специального толкования семантики. Адекватный перевод общественно-политической лексики требует тонкого понимания эмоциональных оттенков. Так идиома «лице кавказької (еврейської) національності» несет в современном украинском языке официально-отрицательную окраску, не свойственную словам «еврей» или «горець». Наиболее распространенная форма национально-языковой специфики связана с несовпадением ассоциативных рядов, тезауруса и грамматики. В результате для предотвращения потери семантики перевод необходимо сопровождать значительными комментариями.

Языковая специфика делает проблему выбора базового словника многоязыкового словаря очень трудной. С одной стороны, в случае непосредственного использования базового французского набора общественно-политической лексики утрачивается большая часть нефранцузской семантики, и словарь будет пригоден только для перевода французских текстов. С другой стороны, включение всех форм национально-языковой специфики неприемлемо для многоязыковых словарей в силу структурных и объемных ограничений, а предварительный анализ затруднен отсутствием специалистов, владеющих всеми, или большинством языков словаря.

Близкая проблема связана с организацией эффективной кооперации групп разработчиков, рассредоточенных по всей Европе. Задача относительно проста только в случае, если не планируется расширение базового словника. В случае значительного влияния национальных языков на словник многоязыкового словаря возникает проблема координации и синхронизации параллельных усилий национальных исследовательских групп.

До тех пор, пока не выработана хорошая процедура самоорганизации параллельной разработки, каждое организационное мероприятие синхронизации означает задержку работы одних групп из-за отставания других. Хорошая организация подразумевает минимальное число таких мероприятий и наибольшие возможности перераспределения задач.

До тех пор, пока не обеспечена автоматизация параллельной разработки, каждое изменение в базовом словнике приводит к значительным дополнительным усилиям по реорганизации связанной информации.

До тех пор, пока не разработана не зависящая от языка процедура взвешивания для сравнения важности словарных статей, балансировка объема словаря требует выполнения долгой процедуры поэтапного согласования субъективных мнений многочисленных экспертов.

Таким образом, реализация многоязыкового словаря потребовала выработки эффективной организационной процедуры и обеспечения компьютерной поддержки международной кооперации. Для решения этой задачи специалисты Института украинского языка НАН Украины обратились за помощью в Институт кибернетики.

**Принципы параллельной разработки многоязыкового словаря.** Для самоорганизующейся параллельной разработки многоязыкового словаря интернациональным распределенным коллективом предложен следующий подход.

Разработка делится на два этапа. На первом этапе национальная общественно-политическая терминология накапливается и переводится на французский язык силами национальных исследовательских групп. Это приводит к расширению базового французского словника. Каждая группа отвечает также за обратный перевод каждого французского термина, появляющегося в словнике на свой национальный язык. В конце этого этапа планируется синхронизационное мероприятие (коллоквиум, семинар, конференция) на котором расширенный словник анализируется и, на основе однородного взвешивания, выбирается базовый словник необходимого объема. На втором этапе базовый словник упорядочивается по правилам французского алфавита и делится между группами. Каждая группа получает пропорциональную часть базового словника для оформления соответствующих словарных статей. В результате параллельных усилий отдельных групп собирается общий словарь.

Реализации компьютерной поддержки описанного подхода потребовала принятия специальных информационно-инженерных решений. Двухэтапная разработка подразумевает два уровня представления словаря. Так как на втором этапе решаются типичные задачи формирования образа словаря для печати, для него использовано стандартное представление данных. Словарные статьи описываются на языке разметки словарных статей, в данном случае, – TEI DTD [1]. Но на первом этапе выполняются особые задачи, не характерные для обычных словарей. С точки зрения этих задач целесообразно отойти не только от наработанных стандартов представления лексической информации, но и вообще от представления этой информации в виде структурированного текста. На верхнем уровне предлагается использовать лексическую базу данных сетевой структуры.

**Структурированные семантические сети (ССС)** были введены в качестве легко формализуемой высокоуровневой модели данных для широкого круга задач от концептуального моделирования до генерирования приложений [2, 3]. В основу СССР положены семантические сети, известная модель представления знаний. В отличие от моделей данных, применяемых в деловой сфере, семантические сети предназначены для систематизации знаний общего характера. Вершины могут быть двух типов: экземпляры и классы. СССР отличаются строгой типизацией вершин и дуг сети. Подграф семантической сети, состоящий из вершин-классов и соединяющих эти вершины дуг, выделяется в случае СССР в отдельную сеть, которая выступает в роли схемы; это приближает СССР к классическим моделям данных. Схема образует остов СССР.

Структурно СССР представляет собой раскрашенный оргграф, вершины которого – сущности модели предметной области (МПрО), дуги – связи между сущностями. Его дополнение образует схема – раскрашенный оргграф классов. Дуга, соединяющая вершины-классы, называется бинарным отношением, а дуга, соединяющая вершины-экземпляры, – утверждением. Характеристики, свойства и атрибуты со своими значениями не выделяются в отдельные вершины, а являются атрибутами вершин.

Рассмотрим упрощенную схему СССР лексической базы данных многоязыкового словаря.

- Вершины-классы:
  - Term (Термин с подтипами «слово», «идиома», «толкование»)
  - Topic (Словарная статья)
  - Language (Язык)
- Дуги – бинарные отношения:
  - Translation (Перевод, связь типа «многие-к-многим», соединяющая термин, сформулированный по-французски, French Term с его переводами на другие языки Foreign Term)
  - Description (Описание, связь типа «один-к-одному», соединяющая выбранный в словник сформулированный по-французски термин Basic Term с описанием словарной статьи Topic)
  - Vocabulary (Словник, связь типа «один-к-многим», соединяющая язык Language с терминами, сформулированными на этом языке, Term)
  - Homonym (Омоним), Synonym (Синоним), Homograph (Омограф), Variant (Вариант), Etymology (Этимология) – связь типа «один-к-многим», соединяющие термины между собой.

Термин (лексическая единица) – это естественная основа любого словаря. Мы можем рассматривать слова, идиомы и сжатые пояснения семантики непереводаемых иностранных слов в качестве разных подтипов типа Term. С термином, как правило, связаны фонетика, морфология и семантические комментарии. В данном случае мы не выделяем их в отдельные вершины, а рассматриваем как атрибуты вершины типа Term.

Вершина Topic вводится для представления словарных статей, ассоциированных с некоторыми (отнесенными к базовому словнику) французскими терминами. Эти вершины отсутствуют на первом этапе разработки.

Специальные корневые вершины для каждого языка словаря введены для удобства построения взглядов средствами графовых запросов, которые будут описаны дальше. Этот способ выбран вместо более обычного атрибута со значением «язык» еще и с точки зрения нормализации.

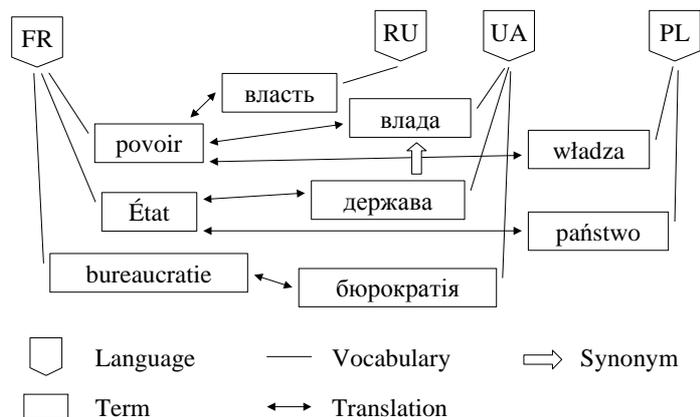


Рис. 1. Фрагмент сети

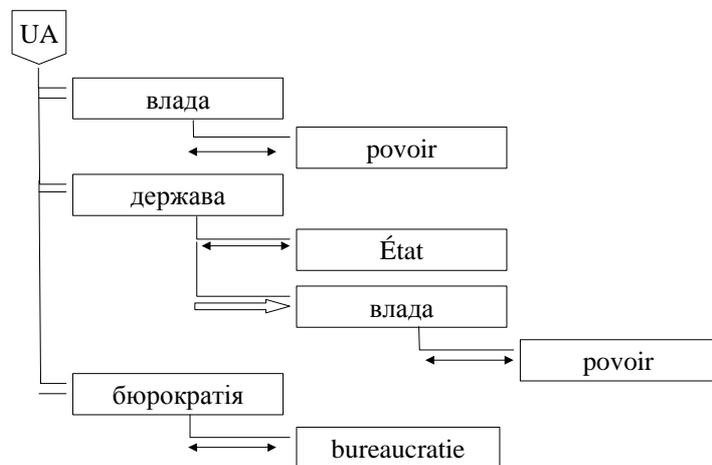


Рис. 2. Дерево обхода №1 (взгляд от украинского языка)

Это дерево обхода имеет ограниченную длину путей обхода. Кроме того, при его построении контролируется последовательность классов вершин-экземпляров каждого пути. Такое логически ограниченное дерево обхода называется Информационным Графом. В общем случае допускается неограниченная длина путей, а



Рис. 3. Дерево обхода №2 (взгляд от французского языка)

Дуги CCC определяют естественные связи между вершинами одного или разных типов. Только дуга Translation обладает некоторой спецификой: ее установка подразумевает контроль языковой принадлежности объединяемых терминов (триггер).

На рис.1 представлен небольшой фрагмент описанной CCC, включающий вершины-экземпляры двух классов и дуги-утверждения трех бинарных отношений.

Такая сеть сама по себе неудобна как для визуализации, так и для редактирования. Несмотря на многолетние усилия и отдельные удачные решения, удобный способ программного представления графов общего вида. А программное представление деревьев, такое, как, например, в Проводнике Windows, давно уже утвердилось в качестве стандарта де-факто.

Воспользуемся тем, что произвольный связный граф может быть представлен своим деревом обхода. Выбирая корневую вершину, получаем разные деревья обхода, или разные *взгляды* на тот же граф. Эта идея использована при разработке удобного пользовательского интерфейса сетевых баз, представимых CCC. В том числе, такое представление пригодно для лексической базы данных многоязыкового словаря.

Дадим неформальное описание механизма представления и обработки CCC, основанного на этой идее, и проиллюстрируем его примерами.

На рис. 2 представлен пример дерева обхода, построенного для фрагмента CCC, изображенного на рис. 1.

Это дерево обхода имеет ограниченную длину путей обхода. Кроме того, при его построении контролируется последовательность классов вершин-экземпляров каждого пути. Такое логически ограниченное дерево обхода называется Информационным Графом. В общем случае допускается неограниченная длина путей, а контроль типов вершин и дуг дополняется проверкой логических условий. Но даже этот простой пример имеет практическое значение для нашей задачи, так как представляет многоязыковой словарь с точки зрения украинских участников разработки – как украинско-французский словарь.

Если рассматривать изображение на рис. 2 как содержимое окна программы, пользователь может не только просматривать украинско-французский фрагмент словаря, но добавлять украинские термины, выбирать их французские переводы из всего накопленного французского словника или вводить дополнительные французские термины для перевода.

На рис. 3 представлен другой пример информационного графа. Такое представление полезно для обратного перевода французских терминов на украинский язык. Термин «штат», отсутствовавший на рис. 1, добавлен здесь в качестве второго перевода французского «État». В

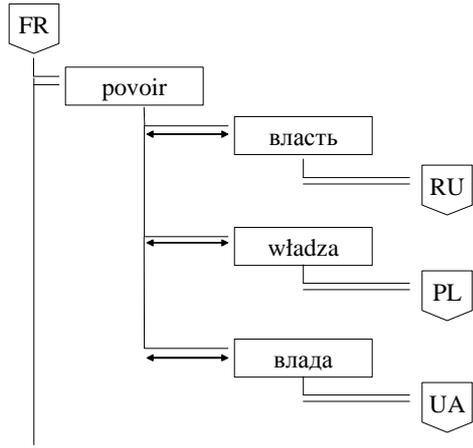


Рис. 4. Дерево обхода №3 (все переводы)

качестве полезного варианта можно предложить аналогичное представление, включающее только те французские термины, для которых еще не введены украинские переводы.

На рис. 4 – пример информационного графа, удобного для выполнения второго этапа разработки многоязыкового словаря. Здесь собраны и отсортированы по языкам все переводы каждого французского термина.

Для описания информационных графов придуманы и теоретически обоснованы механизм графовых запросов и визуальный язык спецификации ER-QBE.

**Формализация и обоснование.** Для исследования свойств CCC и обоснования средств управления CCC перейдем от наглядного представления графами к более продуктивному представлению грамматиками. Доказательства приведенных в этом разделе утверждений даны в [3].

Зададим непустое множество корневых вершин CCC  $T_0 \subseteq E$ . Введем множество нетерминальных символов  $N_E$  и определим взаимно однозначное отображение  $n: E \leftrightarrow N_E$ .

Рассмотрим грамматику  $\Gamma = (N = N_E \cup \{A\}, T = E \cup L, A, P = P_E \cup P_E^* \cup P_L \cup P_L^*)$ , в которой каждому экземпляру сопоставлены терминальный и нетерминальный символы, а каждой корневой вершине CCC, и каждому утверждению CCC сопоставлены продукции следующих четырех типов:  $P_E = \{p_s^1: A \rightarrow sS | s \in T_0, S = n(s)\}$ ,  $P_E^* = \{p_s^2: A \rightarrow s | s \in T_0\}$ ,  $P_L = \{p_\alpha^2: S \rightarrow rT | r = (\alpha, s, t) \in L, S = n(s)\}$ ,  $P_L^* = \{p_\alpha^2: S \rightarrow rT | r = (\alpha, s, t) \in L, S = n(s), T = n(t)\}$ . Назовем такую праволинейную грамматику грамматикой CCC.

**Лемма 1.** Множество строк языка грамматики CCC  $\Gamma$  тождественно множеству путей обхода графа CCC, начинающихся с корневых вершин CCC.

Пусть  $\Gamma_1 = (N_1, T_1, A_1, P_1)$  и  $\Gamma_2 = (N_2, T_2, A_2, P_2 = P_{E2} \cup P_{E2}^* \cup P_{L2} \cup P_{L2}^*)$  являются грамматиками CCC с общей схемой.

Обозначим множество экземпляров CCC  $\Gamma_1$  через  $E_1$ , множество утверждений – через  $L_1$ , множество корневых вершин – через  $T_{01} \subseteq E_1$ . Пусть каждая продукция  $\Gamma_2$  помечена меткой из числа терминальных символов  $\Gamma_1$ , причем

- 1)  $\forall p_s^1 \in P_{E2} \text{ label}(p_s^1) \in T_{01} \wedge f(s) = f(\text{label}(p_s^1))$  – метка является корневой вершиной соответствующего типа,
- 2)  $\forall p_\alpha^1 \in P_{L2} \text{ label}(p_\alpha^1) \in L_1 \wedge r = (\alpha, s, t) \in L_2 \Rightarrow f(r) = f(\text{label}(p_\alpha^1))$  – метка является дугой соответствующего типа,
- 3) метки парных продукций совпадают:  $\text{label}(p_x^1) = \text{label}(p_x^2)$ ,
- 4)  $\forall t, s \in T_{01} (f(t) = f(s) \Rightarrow t = s)$  – тип каждой корневой вершины CCC  $\Gamma_1$  уникален,
- 5)  $\forall r = (\alpha, t, s), q = (\alpha, o, p) \in L_1 (t = o \Rightarrow r = q)$  – тип и входной экземпляр каждого утверждения CCC  $\Gamma_1$  однозначно определяет выходной экземпляр этого утверждения.

**Лемма 2.** Грамматика  $\Gamma_2$  непосредственно сцеплена с грамматикой  $\Gamma_1$ .

Назовем  $\Gamma_2$  **подсхемой**  $\Gamma_1$ .

Назовем  $\Gamma_2$  **полной подсхемой** грамматики CCC  $\Gamma_1$ , если каждой терминальной цепочке, выводимой в грамматике  $\Gamma_1$ , сопоставляется ровно одна терминальная цепочка, выводимая в грамматике  $\Gamma_2$ .

**Лемма 3.** Любая грамматика CCC имеет полную подсхему.

**Лемма 4.** Любая грамматика CCC с конечным языком имеет полную подсхему с конечным языком.

Назовем **интерпретацией** обратное преобразование из цепочек  $\Gamma_2$  в множества сопоставленных им цепочек  $\Gamma_1$ .

**Лемма 5.** Полная подсхема  $\Gamma_2^\Phi$  произвольного фрагмента CCC  $\Gamma_1^\Phi$  является подсхемой CCC, причем ее интерпретация на всей CCC  $\Gamma_1$  приводит к языку, содержащему язык фрагмента.

Назовем **сокращением** подмножество  $L^*(\Gamma) \subset L(\Gamma)$  языка  $\Gamma$ , состоящее из цепочек, не включающих повторяющиеся символы.

**Теорема 1 про полноту подсхемы.** Сокращение языка произвольной грамматики ССС обладает полной подсхемой с конечным языком.

Назовем **графовым запросом** пару  $\mathbf{G}_2 = (\Gamma_2, \Sigma)$ , где  $\Gamma_2$  – подсхема, а  $\Sigma$  – множество ограничений, сопоставленных терминалам подсхемы.

Назовем  $M(\Gamma)$  множество максимальных элементов  $L^*(\Gamma)$  по отношению частичного порядка «начинаться с».

**Теорема 2 о полноте графовых запросов.** Фрагмент ССС, состоящий из конечного множества путей  $L'(\Gamma_1)$ , которое можно описать конечной дизъюнкцией ограничений на языке вмещающей СУБД, представляется некоторым графовым запросом  $\mathbf{G}_2 = (\Gamma_2, \Sigma): M(\mathbf{G}_2) = L'(\Gamma_1)$ .

Основные результаты исследования грамматик ССС в [3]:

- Графовый запрос как подсхема описан сцеплением грамматик.
- Доказано существование графового запроса, выделяющего любой конечный фрагмент ССС – информационный граф.
- Обоснован визуальный язык ER-QBE для спецификации графового запроса по образцу. Разработан алгоритм трансляции ER-QBE в SQL-подобный язык запросов вмещающей СУБД.

**Процедура разработки многоязыкового словаря** на основе ССС выглядит следующим образом:

- 1) Национальные группы создают двуязычные ССС на основе переводов своих национальной общественно-политической лексики на французский язык. Таким образом автоматически накапливается словарь французского языка. В качестве основы пользовательского интерфейса используются информационные графы типа приведенного на рис. 2.
- 2) Национальные группы устанавливают характерные для национальных языков взаимосвязи терминов (тезаурус, этимология и т.п.). Этот шаг может выполняться параллельно с шагом 1. Используется информационный граф типа приведенного на рис. 2.
- 3) Накопленные французские термины переводятся обратно на национальные языки. Каждая группа отвечает за перевод всех французских терминов, попавших в словарь, независимо от их происхождения. В качестве основы пользовательского интерфейса используются информационные графы типа приведенного на рис. 3. Появление новых терминов национального языка может потребовать возвращения на шаг 1.
- 4) Отбирается базовый словарь французского языка. В качестве интегрального веса лексической единицы предлагается сумма весов соответствующего французского термина и всех его переводов на национальные языки. Для взвешивания предлагается простейшая процедура: каждая национальная группа расставляет веса терминов своего языка по единой, например, пятибалльной системе.
- 5) Подсчет интегрального веса выполняется автоматически, затем термины упорядочиваются по его убыванию. Отбор спорных (т.е. набравших «полупроходной» балл) терминов выполняется путем обсуждения на общей встрече участников. Эта встреча (семинар, коллоквиум, конференция) – синхронизационное мероприятие, означающее конец первого и начало второго этапа разработки. Отобранные термины переупорядочиваются согласно правилам французского алфавита и пропорционально разделяются между национальными группами.
- 6) Во всех национальных группах параллельно проводится работа по формированию словарных статей на языке кодирования словарей TEI DTD для своей части отобранных терминов. Отброшенные термины, имеющие высокие оценки в отдельных языках, по возможности включаются в статьи связанных с ними тезаурусом или этимологией отобранных терминов. В качестве основы пользовательского интерфейса используются информационные графы типа приведенного на рис. 4.
- 7) Словарные статьи автоматически собираются в словарь. Выполняется окончательная проверка и доводка. (Подразумевается несколько циклов возвращения на шаг 6.) Результатом является подготовка издания печатного словаря.
- 8) Накопленная ССС используется в качестве основы при разработке электронной версии словаря.

Наиболее трудоемкие шаги 1 – 4 и 6 выполняются национальными группами разработчиков параллельно и не требуют значительного межгруппового общения, что согласуется с особенностями организационной структуры проекта. Для ускорения выполнения шага 6 можно по взаимной договоренности перераспределить часть статей отстающих групп между группами, работающими более эффективно. Работа с общей базой данных обеспечивается Интернет-приложением.

Описанная процедура пригодна для разработки других многоязыковых словарей. Она повышает производительность и качество, освобождая участников проекта от значительной части нетворческой деятельности.

**Электронный словарь.** Представление словаря ССС обеспечивает целый ряд практических преимуществ при реализации электронной версии многоязыкового словаря общественно-политических понятий. Общеизвестны преимущества электронных словарей над бумажными: это не только ускорение и облегчение поиска информации, но также возможность хранения и представления большего объема информации. В случае данного проекта целесообразным представляется сохранение всей совокупности исходной лексической информации.

Использование механизма графовых запросов обеспечивает пользователю словаря более качественное представление и визуальную навигацию в семантической окрестности слова, позволяет выстраивать цепочки взаимосвязанных слов для уточнения семантических оттенков, парадигмизации, расширения тезауруса, осуществлять поиск наиболее адекватного слова или выражения, изучать особенности употребления слов общего происхождения в разных языках. Среди заманчивых возможностей – отбор слов неизвестного языка, связанных через синонимию и перевод с известными словами не одного, а двух-трех известных языков.

Кроме того, ССС – удобное средство для реализации ряда блоков, существенно повышающих удобство использования электронного словаря, в том числе:

- морфологическая коррекция (лемматизация) – приведение слова в основную форму,
- синтаксическая коррекция – исправление ошибок в написании слова,
- фонетический подбор – определение слова по его упрощенной и возможно искаженной транскрипции.

Помимо простого представления заложенной информации о морфологии, фонетическом и лексическом расстоянии, ССС может служить основой для автоматического обучения по алгоритмам байесовских или нейронных сетей.

Применение ССС в проекте многоязыкового словаря – это шаг в направлении интеллектуализации словаря, его приближения к потребностям пользователя – как на этапе разработки, так и при использовании электронной версии.

**Заключение.** Описанные средства ведения ССС применяются больше десятилетия. Они хорошо зарекомендовали себя в ряде приложений СУБД «МикроПоиск» [4], в том числе:

- система «ТопоСвязь» для расчетов цифровых сетей электросвязи и коммутируемой междугородней телефонной сети,
- пакет «ГеоПоиск» для интерпретации результатов геолого-геофизических исследований нефтегазовых скважин,
- экспертная система «Фактор», интегрирующая Метод анализа иерархий Саати и Прогнозный граф Глушкова,
- диагностическая система массового медицинского обслуживания «АСММО»,
- подсистемы сетевого планирования и поддержки принятия планово-управленческих решений в системе «Кадры» Министерства Обороны Украины,
- словарь Оперативно-Тактических Понятий и Терминов.

Применение ССС как технологической основы разнообразных приложений оправдано тем, что для них разработан универсальный инструментарий, облегчающий визуализацию, навигацию, поиск информации и редактирование. Существенно, что средства ведения ССС могут быть реализованы для любой реляционной, объектно-реляционной или объектно-ориентированной СУБД, т.е. для любой коммерческой или бесплатной системы, понимающей язык SQL, причем в качестве средств разработки приложений они

- не заменяют, а развивают традиционные средства разработки;
- обеспечивают пользовательский механизм поддержки автоматического проектирования приложений;
- автоматизируют согласованное развитие и ре-инжиниринг приложений по спиральной модели жизненного цикла.

## Литература

1. *Ide, N., Véronis, J.* Encoding dictionaries / Ide, N., Véronis, J. (Eds.) The Text Encoding Initiative: Background and Context. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. – 342 p.
2. *Grechko, V., Tulchinsky, P., Tulchinsky, V.* From QBE to graph queries // Informatica – 1998. – Vol. 9, No 1. – P. 51-64.
3. *Тульчинский В.Г., Тульчинский П.Г.* Графовый прототип приложения // Проблемы программирования. – 2002. – №1-2. – С. 489-498.
4. *Гречко В.О., Перевозчикова О.Л., Тульчинский В.Г.* Инструментарий прототипирования прикладных систем по модели предметной области // Управляющие системы и машины. – 1998. – №1. – С. 83-88.