

УДК 003.09, 004.42

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАСШИФРОВКИ ЗНАМЕННЫХ ПЕСНОПЕНИЙ

Даньшина М.В., Филиппович А.Ю.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

mdanshina@it-claim.ru, aphilippovich@it-claim.ru

В работе рассмотрены проблемы использования информационных технологий при обработке древнерусских музыкальных рукописей. Предложена автоматизированная компонентная методика, использующая методы машинного перевода и позволяющая расшифровать знаменные песнопения из крюковой нотации в линейную, рассмотрены основные этапы методики. Для реализации этапов методики разработана и описана автоматизированная система научных исследований «Компьютерная семиография», которая включает модуль ввода песнопений в базу данных, просмотр рукописей в электронном виде, построение языковой модели древнерусских музыкальных песнопений, модели перевода, декодирование песнопений, музыкальный редактор, позволяющий проигрывать получившиеся мелодии, а также модуль ввода песнопений и правил перевода, который позволяет пользователю производить собственные исследования без привязки к конкретной рукописи. В результате разработан веб-сервис для исследователей, историков, музыкальных медиевистов, позволяющий обрабатывать различные знаменные рукописи.

Ключевые слова: музыкальные информационные технологии, автоматизация расшифровки, статистический машинный перевод, языковая модель, семиография, древние рукописи, визуализация знаменных песнопений.

THE METHODOLOGY OF AUTOMATED DECRYPTION OF ZNAMENNY CHANTS

DANSHINA M.V., PHILIPPOVICH A. YU.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

mdanshina@it-claim.ru , aphilippovich@it-claim.ru

The paper presents the problems of the using information technology in the processing of ancient music manuscripts. The automated methodology is proposed. It uses machine translation methods and allows to decoding znamenny chants into a linear notation. Basic stages of the methodology are described. To implement the steps of the methodology has been developed and described automated system of researching " Computer Semiography", which consists of an input

особой трактовкой. Они подобно фразеологизмам в языке могут быть расшифрованы только с помощью специальных «инструкций» – кокизников, фитников и т.д.

Исследованием знаменных песнопений занимались многие известные ученые. В XVIII-XX веках Д.В. Разумовский (1818-1889) [1], С.В. Смоленский (1848-1909) [2], М.В. Бражников (1902-1973) [3] и другие исследователи работали над составлением специализированных азбук и описанием правил исполнения знаменного распева. Некоторые ученые занимались собиранием сохранившихся музыкальных рукописей. В настоящее время исследование знаменных песнопений по-прежнему является актуальной темой, которой уделяют большое внимание современные ученые: Б.Г. Смоляков [4], Б.П. Кутузов [5], Е.Г. Мещерина [6], Г.А. Пожидаева [7] и научные школы (проекты), например, «Фонд знаменных песнопений» [8], «Дьяче око» [9] и другие [10]. Некоторые исследования ведутся при поддержке грантов от научных фондов (РГНФ и других).

В рамках проекта «Компьютерная семиография» [11] с 2000 г. ведутся работы по решению проблемы визуализации знаменных песнопений [12], проводятся статистические исследования [13], исследуется возможность разработки автоматизированного распознавателя знамен [14], исследуются аспекты музыкальной семиотики, структуры музыкального языка [15, 16]. В 2011-2013 гг. исследования были поддержаны грантом РГНФ №110412025в «Автоматизированная система научных исследований в области компьютерной семиографии (АСНИ КС)».

В настоящее время исследователи в области музыкальной медиевистики стремятся использовать современные информационные технологии для накопления труднодоступных источников, их систематизации и автоматизации рутинных операций. Однако эти наработки носят разрозненный характер, требуют обобщения и развития. Это определяет актуальность разработки общей компонентной методики перевода знаменных песнопений в линейную нотацию, которая позволила бы проследить преобразование рукописи от изображения до звучащей мелодии, а также позволила бы соединить накопленные знания об исследуемых рукописях воедино.

Одно из важнейших требований к методике – возможность поэтапного и автономного решения отдельных задач: перевод рукописей в электронный вид, составление электронных словарей, проигрывание песнопений в знаменной и нотной нотациях.

2 Общая схема методики

Предлагаемая методика автоматизированной расшифровки знаменных песнопений включает в себя несколько компонент (этапов), которые могут быть реализованы как

последовательно, так и выборочно в зависимости от исходных данных и целей исследования. Методика схематично представлена на рис.2., а основные этапы перечислены ниже:

1. *Подборка исходных данных* – выбор рукописей, на основании которых будет производиться расшифровка песнопений.
2. *Перевод рукописей в электронную форму* – сканирование и набор песнопений, обработка и сохранение в информационных базах данных.
3. *Разработка и настройка переводного словаря* – выбор методов построения и источников построения правил расшифровки, проведение необходимых исследований.
4. *Преобразование (дешифровка) рукописи с помощью словаря.*
5. *Подготовка рукописи, материалов и результатов исследования для электронного представления и проигрывание в веб-среде.*

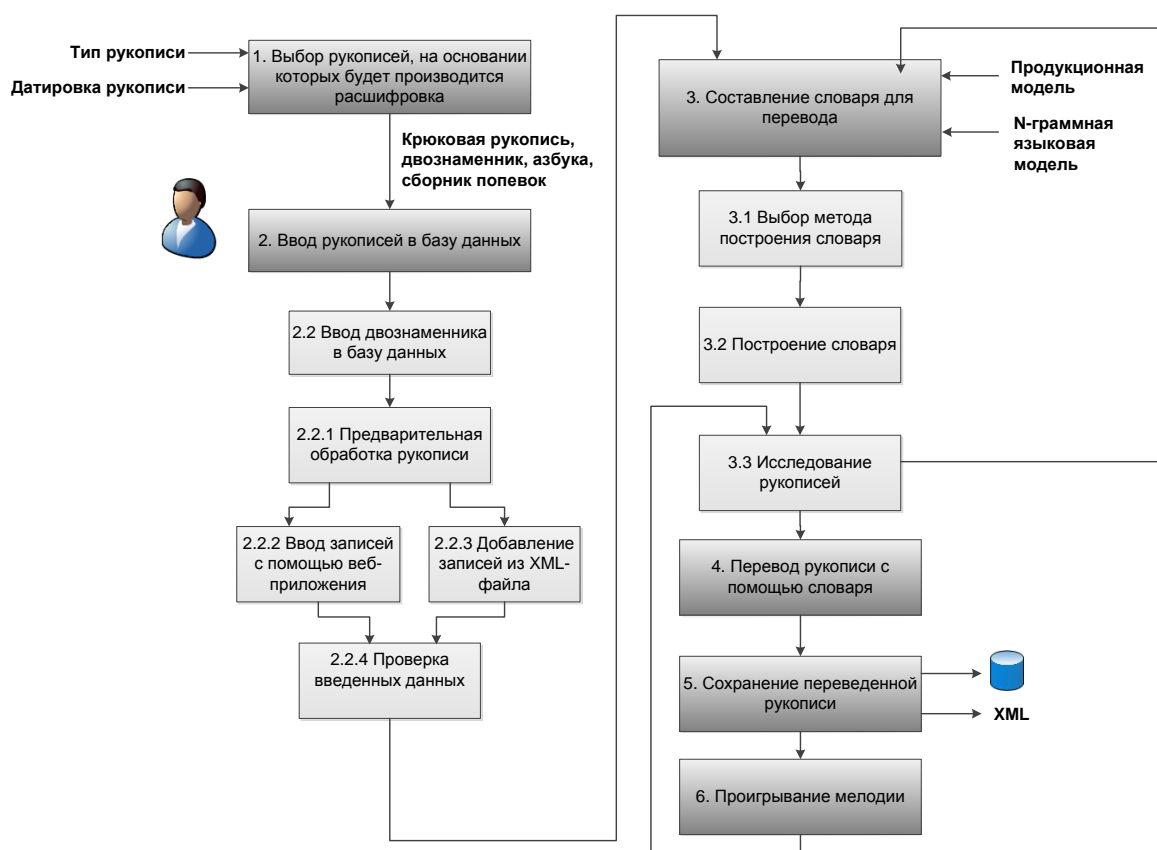


Рисунок 2. Блок-схема методики автоматизированной расшифровки знаменных песнопений

3 Подборка исходных данных

На этом этапе необходимо определить музыкальные рукописи и справочные материалы, с помощью которых будет осуществлено построение переводных словарей. Древнерусские музыкальные рукописи, относящиеся к разным временным периодам, имеют

разную структуру, поэтому для их оценки и расшифровки требуются различные материалы. Укрупненно музыкальные рукописи с использованием знаменной нотации можно разбить на следующие группы:

- *A* – азбуки (рукописи, в которые представлено соответствие отдельных знамен определенным нотам – одной или нескольким)
- *D* – двоезнаменники (рукописи, в которых песнопения представлены в двух нотациях: знаменной и линейной)
- *K* – кокизники и фитники (рукописи, которые представляют собой свод попевок в знаменной нотации, сгруппированных по гласам с указанием названия каждой попевки)
- *Z* – крюковые рукописи (рукописи, в которых песнопения представлены в знаменной нотации)
- *Sb* – сборники попевок (рукописи, в которые перечислены попевки в знаменной или линейной нотации)

Обычно выбор исходных данных определяется доступностью источников и возможностью использования для автоматизированной обработки. В перспективе могут быть разработаны конкретные рекомендации по выбору отдельных рукописей с оценкой их полноты, достоверности и других параметров. Формально задача подбора рукописей для исследования (множества *IshRuks*) может быть описана процедурой φ_1 :

$$IshRuks = \varphi_1(Ruks) = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}, \text{ где}$$

Ruks – все множество доступных рукописей,

r_i – конкретные рукописи,

m – количество выбранных исходных рукописей.

Для апробации методики в качестве исходных данных были выбраны три авторитетных источника, представляющие собой разные типы певческих рукописей:

1) *Z*: «Круг церковного древнего знаменного пения в шести частях» под редакцией Д.В. Разумовского. Данная рукопись является крюковой, то есть мелодия в ней записана с помощью знамен, которые снабжены пометами. (1367 страниц, 6 томов).

2) *A*: Сборник «Певческие азбуки Древней Руси.» Шабалина Д.С. [18]

3) *Sb*: «Сборник попевок Соловецкого собрания». Данная рукопись представляет собой сборник попевок, записанных в крюковой нотации. Некоторым из них соответствуют слова. Книга является наиболее полным сборником попевок, систематизированным по гласам (213 страниц).

4) D: «*Ирмологий*» – двозначенная рукопись, мелодия в ней изложена в двух нотациях: линейной и знаменной (68 страниц).

4 Технологии перевода рукописей в электронную форму

Технологии перевода музыкальных рукописей в электронную форму могут быть основаны на широко распространенных подходах. Для наглядного представления песнопений в веб-среде их достаточно отсканировать, обработать и разместить на сайте в графическом формате или pdf-файлах. Однако при большом количестве материалов возникают задачи построения эффективной системы навигации и индексирования графических файлов.

Компьютерные шрифты. Для исследовательских задач рукописи должны быть набраны в символьной форме, которая позволит осуществлять их машинную обработку. На ранних этапах проекта «Компьютерная семиография» (2000-ый год) было принято решение разработать специальные компьютерные шрифты, которые позволят осуществлять набор песнопений в распространенных текстовых редакторах. В течение последующих 5-10 лет появились и другие знаменные шрифты, основной целью которых являлось визуальное представление крюковых рукописей.

Особенностью гарнитуры AndrewSemio является ее направленность на максимальную функциональность – удобство ввода и последующей машинной обработки. Шрифты претерпели несколько стадий доработок, начиная от экспериментальной версии до проработки эргономической составляющей шрифта. В итоговой версии похожие крюки располагаются на одной букве с разным начертанием (обычное, **полужирное**, *курсивное*). В ходе исследований было также несколько пополнений знамен – на текущий момент выявлено и представлено в шрифте 202 знамени.

Онлайн редактор знаменных песнопений IPSM. Изначально знаменные песнопения вводились студентами в текстовом редакторе MS Word, однако по мере получения статистических данных и расширения числа знамен были созданы специальные редакторы – сначала настольные, а затем веб-ориентированные (IPSM).

Развитие технологий ввода и обновление шрифтов потребовало совершенствовать и форматы данных: от исходного хранения текста песнопений в простом *.doc файле перешли к использованию сначала таблиц Word, а затем Excel и XML. Для реализации поисковых запросов или других ресурсоемких операций пришлось также разработать форматы для хранения данных в СУБД. Для повышения эффективности процесса ввода, а также для

возможности дальнейшего анализа введенных рукописей, на языке Python с помощью фреймворка Django было разработано специальное веб-приложение – редактор знаменных песнопений IPSM. В нем все знамена закодированы последовательностью из 7 цифр и сгруппированы по схожести начертания. На первом уровне выделено 6 основных групп, каждая группа имеет максимум 7 подгрупп.

Формированию соответствующих групп предшествовало специальное исследование [13, 15, 17, 18], в рамках которого была проанализирована статистика встречаемости знамен в уже введенных рукописях. Из рисунка 3 видно, что частота встречаемости знамен распределена неравномерно, поэтому оптимизация веб-форм (рисунок 4) позволила повысить скорость и удобство ввода в несколько раз.



Рисунок 3. Статистика частоты появления знамен

Разработанное приложение позволяет вводить знаменные песнопения в базу данных постранично, при этом текущая страница рукописи выводится в виде изображения в отдельный блок на странице, в котором крупно отображается текущая строка песнопения. Также в случае ввода двоезнаменника на странице расположен блок подсказок раскладки клавиатуры для ввода нот с помощью шрифта Odnoglas [8].

Помимо исследуемых рукописей, пользователь может загрузить в базу данных любое свое песнопение (при этом каждой записи в базе данных будет соответствовать одно знамя) и словарь (при этом каждая запись в базе данных содержит последовательность знамен и соответствующие ей ноты).



Рисунок 4. Ввод песнопений в IP SM



Рисунок 5. Создание правил словаря

Проверка введенных записей осуществляется визуально, методом сравнения исходной таблицы с электронной версией. Также для проверки правильности ввода знаменных песнопений используется специальный модуль, который на основе предварительно построенной языковой модели знаменных песнопений проверяет вероятность встречаемости введенных последовательностей знамен в крюковой рукописи [17].

Формально процедуру ввода (φ_2) можно представить как перевод рукописи r в последовательность знамен RZ :

$$RZ = \{z_1, z_2, \dots, z_m\} = \varphi_2(r), \text{ где}$$

z_i – знамена рукописи,

$r \in \text{IshRuks}$ – выбранная рукопись,

m – количество знамен в рукописи r .

5 Разработка и настройка переводного словаря

Этот этап методики предполагает составление словаря, который будет содержать правила для перевода песнопений из знаменной нотации в линейную. При построении словаря может быть использовано несколько методов:

- Построение словаря на основе попевок (продукционная модель),
- Построение словаря на основе двознаменника (n-граммная модель),
- Комбинированный метод.

Расшифровка песнопений носит неоднозначный характер и все варианты перевода знаменных песнопений XI-XVI веков являются лишь предположениями, поэтому

исследователю важно получить, проанализировать и сравнить переведенные песнопения с помощью различных методов.

Построение словаря на основе попевок. В первом случае за основу берутся попевки. Предварительно подготовленный сборник попевок образует совокупность правил, каждому из которых ставится в соответствие перевод на основе двознаменника или азбук.

$$Sl(r) = \varphi_3(RZ, r) = \{p^3\} = \{\langle z_i, z_{i+1}, z_{i+2} \rangle, \langle n_i, n_{i+1}, n_{i+2} \rangle, p\}$$

Для того чтобы обеспечить независимость перевода от начального звука и проверки гипотезы аналогичности перевода для попевок в разных гласах, необходимо сохранить интервальную последовательность для каждой попевки. Данный код представляет собой обозначение не конкретной ноты, а количество полутонов (интервал), на которые отличается текущий звук от предыдущего. Преобразование нотного словаря в интервальный словарь можно представить следующим образом:

$$ISl = \varphi_4(SL) = \{\langle z_i, z_{i+1}, z_{i+2} \rangle, \langle Intri, Intri+1, Intri+2 \rangle, p\}$$

Первоначально при автоматическом построении словаря предлагается задавать приоритет правила, пропорциональный количеству знамен, которые в него входят. Это обусловлено тем, что сначала предполагается применять самые длинные правила, а затем более короткие. Эксперт в процессе исследования может отредактировать значения приоритетов, изменив их на те, которые считает более правильными.

Построение словаря на основе двознаменника. Во втором случае за основу берется двознаменник, который представляет собой корпус параллельных песнопений (записанных в двух нотациях). Это дает возможность построения N-граммой модели перевода. В результате анализа двознаменника формируется словарь, аналогичный тому, что был построен на основе попевок, но в данном случае словарь будет состоять из n-грамм (n=1,2,3,4). Вероятность таких правил может быть рассчитана как произведение вероятности входящих в него n-грамм.

В рамках базовой функциональности разрабатываемых инструментов выбрана размерность n-грамм, равная трем. Для каждой триграммы ставятся в соответствие ноты, которыми переводятся знамена, входящие в триграмму, а также вероятность встречаемости триграммы (рисунок 6).

Триграмма			Перевод			Вероятность
						0,017327
						0,318182
						0,014851
						0,272727
						0,073529
						0,3125

Рисунок 6. Фрагмент n-граммной модели

Вероятность каждого правила вычисляется согласно правилам построения модели перевода в статистическом машинном переводе: рассчитывается вероятность $P(n|z)$ для каждой пары $\langle n, z \rangle$, где z – последовательность знамен, а n – перевод этой последовательности. Данная вероятность рассчитывается по формуле:

$$P(n|z) = \frac{C(n,z)}{C(z)} \quad (2), \text{ где } C(n,z) \text{ – количество раз, когда последовательность знамен } z \text{ переводится нотами } n.$$

Множество триграмм в этом случае можно представить следующим образом:

$$TrZ(r) = \varphi_5(RZ, r) = \{\langle z_i, z_{i+1}, z_{i+2} \rangle\}, \text{ где } z \in RZ(r)$$

Комбинированный метод. В рамках этого метода словарь, построенный на основе изучения попевок, и словарь, полученный с помощью статистического машинного перевода, объединяются. При этом пользователю необходимо расставить приоритеты правил таким образом, чтобы в первую очередь применялись правила, которые задал эксперт, далее правила из попевок и в конце – правила, полученные из статистического перевода n-грамм.

Составление общего словаря SL можно представить как процедуру φ_6 , объединяющую другие словари sl_i :

$$SL = \varphi_6\left(\bigcup_{i=1}^s sl_i\right)$$

В рамках исследования рукописи эксперт может построить частотные двоезнаменники и провести анализ всех правил, в которые входит конкретное знамя. В результате исследования эксперт может выявить какие-либо закономерности и составить новые правила, отредактировать или исключить какое-либо правило. Под редактированием понимается изменение вероятности или приоритета правила, а также изменение входящих в правило знамен и нот [19].

6 Преобразование (дешифровка) рукописи с помощью словаря

На этом этапе методики осуществляется перевод рукописи с помощью составленного на предыдущем этапе словаря.

Выбор для триграммы подходящих правил:

$$\forall TrZ_i \in TrZ: PrTrz = \varphi_7(TrZ, S) = \{Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_p\},$$

где p – количество правил, подходящих для перевода.

Из множества правил, подходящих для перевода, выбирается лучшее:

$$BestPrTrz(PrTrz) = \varphi_8(PrTrz) = \{\langle z'_i, z'_{i+1}, z'_{i+2} \rangle, \langle n_i, n_{i+1}, n_{i+2} \rangle, p\}$$

Переведенная рукопись сохраняется в базе данных или в файле в формате .xml. Множество знамен исходной рукописи преобразуется в множество нот с использованием словаря (общего или по отдельности).

$$Ns = \varphi_9(BestPrTrz, Rz_i) = \{\langle n_1, \dots, n_n \rangle\},$$

где n – количество нот, которыми переводятся знамена в рукописи.

$$Zv = \varphi_{10}(Ns) = \{\langle V, D \rangle\} = \{\langle v_1, \dots, v_n \rangle, \langle d_1, \dots, d_n \rangle\},$$

где V – высота, D – длительность.

На структуру данных песнопений в базе данных в первую очередь повлияла структура самих певческих рукописей. Так, помимо самого знамени (которое представлено буквой и стилем начертания), необходимо сохранить слог, с которым данное знамя встретилось, пометы, страницу рукописи, особенность расположения на странице (первый и последний символ в строке, на странице) и т.п.

```

▼<ROWDATA>
<ROW Znam="a" Slog="ко" Stil="обычный" VPom="м" DPom=""/>
<ROW Znam="Ар" Slog="кэч" Stil="обычный Italic" VPom="в" DPom=""/>
<ROW Znam="а" Slog="но" Stil="Bold" VPom="п" DPom=""/>
<ROW Znam="а" Slog="му" Stil="Bold" VPom="п" DPom=""/>
<ROW Znam="а" Slog="т" Stil="Bold" VPom="п" DPom=""/>
<ROW Znam="а" Slog="от" Stil="Bold" VPom="п" DPom=""/>
<ROW Znam="а" Slog="шу" Stil="Bold" VPom="п" DPom=""/>
<ROW Znam="а" Slog="ся" Stil="Italic" VPom="п" DPom=""/>

```

Рисунок 7. Пример песнопений в XML-формате

В правилах перевода знаменных песнопений сохраняется код знамени, ноты, длительность и приоритет. Алгоритм дешифровки знаменных песнопений приведен на рисунке 8.

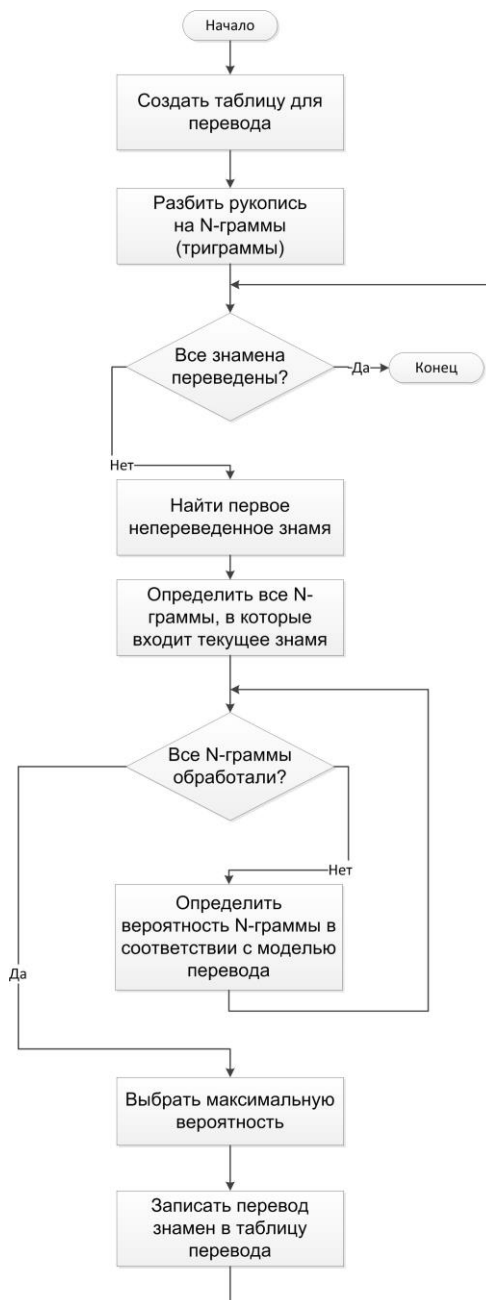


Рисунок 8. Алгоритм дешифровки знаменных песнопений

7 Подготовка результатов исследования для электронного представления

На этом этапе методики предлагается проиграть получившееся песнопение, что позволяет произвести анализ мелодии «на слух», сравнить несколько вариантов перевода и выбрать наилучший.

Для автоматизации заключительных этапов методики реализованы программные компоненты, которые функционально объединены с помощью музыкального проигрывателя «Semio_muz».



Рисунок 9. Пример перевода музыкальным редактором

Разработка АСНИ КС. Для реализации этапов методики была разработана Автоматизированная система научных исследований «Компьютерная семиография». На рисунке 10 представлена структурная схема АСНИ. Основными модулями являются: ввода песнопений, расшифровки знаменных песнопений, исследования знаменных песнопений и модуль воспроизведения. На первом этапе все песнопения вводятся в базу данных, далее они считываются модулями расшифровки, воспроизведения и исследования. Правила перевода хранятся в базе знаний. В результате исследования эксперт может добавлять, редактировать или удалять какие-либо правила из базы знаний. Полученные в процессе расшифровки словари и песнопения сохраняются в базе знаний.

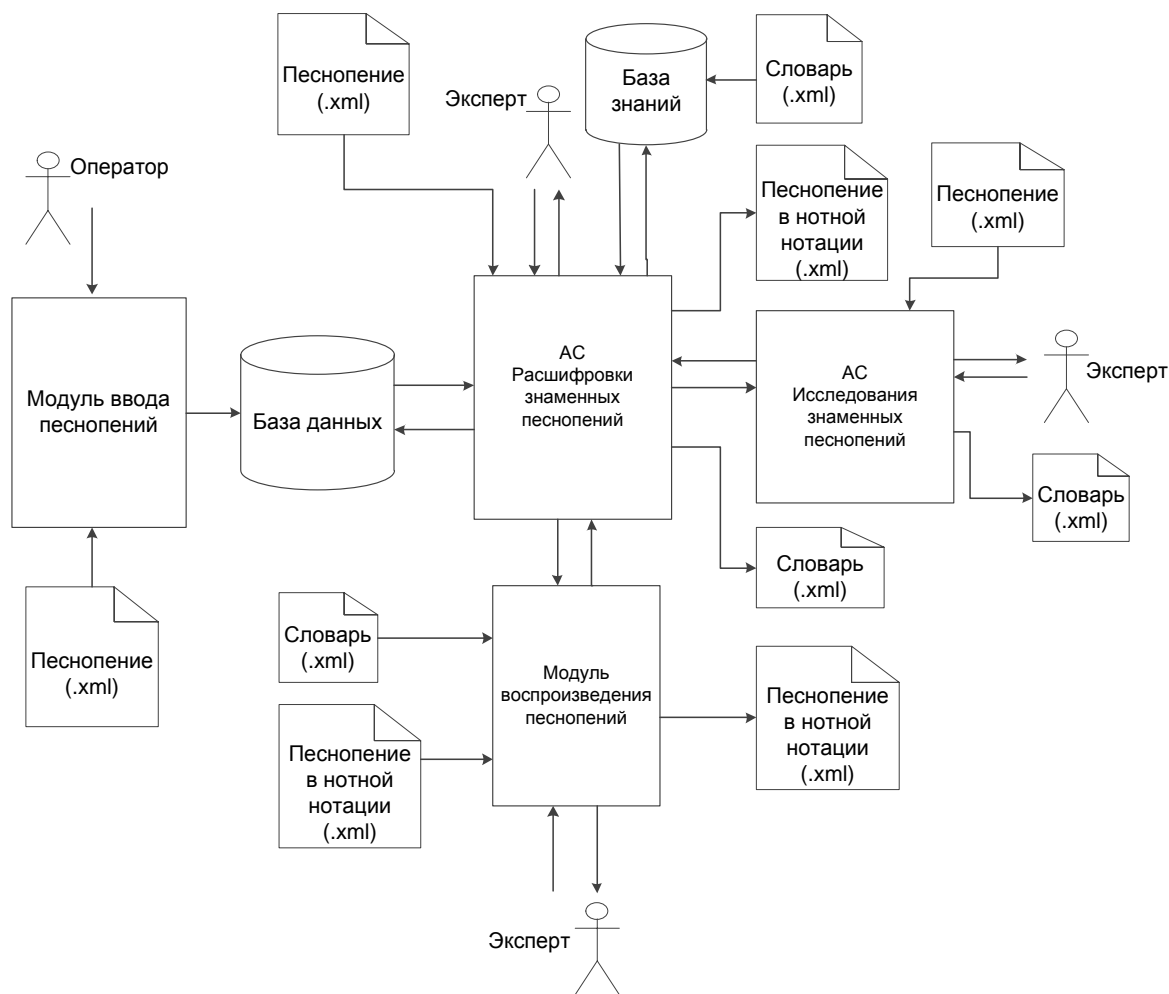


Рисунок 10. Структурная схема расшифровки

Результаты работы. Разработанная методика имеет большую ценность для исследователей, так как из-за огромного числа источников (как рукописей, так и теоретических руководств) достаточно сложно систематизировать и тщательно их проработать. Это связано, как правило, с тем, что анализировать и проводить количественные оценки тех или иных показателей приходится вручную, информационные технологии при этом задействованы не достаточно эффективно. Разработанный комплекс сервисов предназначен для упрощения наиболее трудоемких операций, с которыми сталкиваются исследователи-медиевисты, что приводит к уменьшению времени, затрачиваемому на проверку и подсчет каких-либо данных.

Предложенная методика расшифровки знаменных песнопений позволяет на выходе получить три основных компонента, необходимых для расшифровки знаменных песнопений: словарь, содержащий правила перевода знамен в ноты, вариант переведенной рукописи в

линейной нотации, языковую модель и модель перевода знаменного распева. Перевод песнопений в электронный вид делает их более доступными.

В работе был разработан программный продукт, позволяющий вводить знаменные песнопения в базу данных, редактировать, просматривать их. Реализовано построение модели языка и перевода, что позволяет осуществить перевод знаменной рукописи в линейную нотацию. Также программа позволяет строить частотные двознаменные словари и указатели знамен.

Список литературы:

- 1) Разумовский Д.В., прот. Церковное пение в России (Опыт историко-технического изложения): В 3-х выпусках. М., 1867, 1868, 1869. – 368 с., http://www.seminaria.ru/raritet/razum_history.htm;
- 2) Смоленский С. В. Азбука знаменного пения старца Александра Мезенца. Каз., 1888. – 143 с., http://www.seminaria.ru/raritet/azb_mezen.htm;
- 3) Бражников М., Пути развития и задачи расшифровки знаменного распева, XII—XVIII веков. Л. — М., 1949. – 104 с., http://www.seminaria.ru/raritet/brazhn_ways.htm;
- 4) Смоляков Б. Г. К проблеме расшифровки знаменной нотации. — В кн.: Вопросы теории музыки, вып. 3. М., 1975, С. 41– 69.
- 5) Кутузов Б.П. Русское знаменное пение. Издатель Андрей Рублев, М., 2008. – 303 с.
- 6) Мещерина Е. Г., Музыкальная культура средневековой Руси, Канон+РООИ "Реабилитация", 2007. – 320 с.
- 7) Пожидаева Г. А., Певческие традиции Древней Руси. Москва : Знак, 2007. – 925 с.
- 8) Проект “Фонд знаменных песнопений”, <http://znamen.ru/index.php>
- 9) Проект “Дьяче око”, <http://dyak-okno.mrezha.ru/index.php>
- 10) Бахмутова И.В., Гусев В.Д., Титкова Т.Н. L-граммные азбуки для дешифровки знаменных песнопений «Сибирский журнал индустриальной математики». – Т.1, № 2, Новосибирск. 1998. – С.51-66.
- 11) Проект «Компьютерная семиография», <http://compsemiografy.ru>
- 12) Даньшина И.В., Даньшина М.В. Визуализация и разработка электронного издания семиографических песнопений // Научная школа для молодых ученых «Компьютерная графика и математическое моделирование (Visual Computing)»: тезисы и доклады. М. – 2009 г. – С.89-105.

13) Даньшина И.В., Даньшина М.В. Статистическое исследование знаменной нотации // Интеллектуальные технологии и системы. Сборник учебно-методических работ и статей аспирантов и студентов. Выпуск 9. М.: НОК «CLAIM», 2007. – С.71-80.

14) Выломова Е.А. Система распознавания семиографических песнопений // Интеллектуальные технологии и системы. Сборник учебно-методических работ и статей аспирантов и студентов. Выпуск 9. М.: НОК «CLAIM», 2007. – С.58-70.

15) Голубева И.В., Филиппович А.Ю. Синтаксический анализ музыкальных текстов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2013. № 16. С. 257-262.

16) Голубева И.В. Семантика в музыкальных знаковых системах // Сборник тезисов и статей Российско-Германской молодежной дистанционной научной школы «Актуальные и перспективные направления создания систем, обеспечивающих семантический анализ данных в режиме реального времени» 27 сентября 2012 года. - М.: МИСиС, 2012. – С.105-108.

17) Филиппович А.Ю., Голубева И.В. Исследование синтаксиса семиографических песнопений // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела – М.: Изд-во МГУП, 2012. – №6. – С.147-163.

18) Даньшина И.В. Исследование знаменных песнопений как знаковой системы // Материалы IV международной научной конференции E1'Manuscript-2012. Ответственные редакторы: Баранов Виктор Аркадьевич, Варфоломеев Алексей Геннадьевич. Петрозаводск, Ижевск, 2012. С. 73-79.

19) Даньшина М. Применение методов машинного перевода для анализа древнерусских музыкальных рукописей // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2013. № 16. С. 263-267.

Даньшина Марина Владимировна — аспирантка кафедры “Системы обработки информации и управления” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 15 работ в области информационных технологий и компьютерной лингвистики.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

M.V.Danshina — post-graduate at the Department "Automated Control Systems" of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 15 publications in the field of Information Technologies and Computational Linguistics.

Bauman Moscow State Technical University,
2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow, Russia.

Филиппович Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Системы обработки информации и управления” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 130 работ в области компьютерной лингвистики, искусственного интеллекта, методологии ИТ-образования, ситуационных центров и моделирования систем.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Philippovich Andrey Yurievich – Ph.D., Professor at the Department "Automated Control Systems", Bauman Moscow State Technical University. Author of 130 publications in the field of Computational Linguistics, Artificial Intelligence, Methodology of IT-Education, Situational Centers and Simulating Systems.

BMSTU, 2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow, Russia.