Abstracts of Dissertations

Institute of Information and Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

2 / 2015

LINGUISTIC AND SEMANTIC RESOURCES FOR NATURAL LANGUAGE GENERATION AND ANNOTATION OF BULGARIAN TEXTS

Kamenka Staykova

ЛИНГВИСТИЧНИ И СЕМАНТИЧНИ РЕСУРСИ ПРИ КОМПЮТЪРНО ГЕНЕРИРАНЕ И АНОТИРАНЕ НА БЪЛГАРСКИ ТЕКСТОВЕ

Каменка Стайкова

Автореферати на дисертации

Институт по информационни и комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата ***„Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“*** *представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките” или на образователната и научната степен „Доктор”, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.*

The series ***Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences*** *presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

e-ISSN: 1314-6351

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

LINGUISTIC AND SEMANTIC RESOURCES FOR NATURAL LANGUAGE GENERATION AND ANNOTATION OF BULGARIAN TEXTS

Kamenka Atanasova Staykova

Supervisor: Assoc. Prof. Danail Dochev

Approved by Supervising Committee:

Prof. Radoslav Pavlov
Prof. Maria Nisheva
Prof. Ivan Koychev
Prof. Galia Angelova
Assoc. Prof. Danail Dochev

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
Department of Linguistic Modelling and Knowledge Processing

The PhD thesis was discussed and allowed to be defended during an extended session of the Department of "Linguistic Modelling and Knowledge Management" at IICT-BAS, which had been held on April 28th, 2015.

The defense of the PhD thesis had been held on June 16th, 2015 at 14:00 pm in Room 218, Block 25A, IICT-BAS, Acad. Bonchev Str., Sofia.

The full volume of the dissertation is 182 pages. It consists of an introduction and four chapters (p. 1-126). It includes also 5 applications of 51 pages. The list of references contains 83 titles (5 pages). The text of the dissertation includes 12 tables and 27 figures.

Keywords: Natural Language Generation, Semantic Technologies, Semantic Annotation, Ontologies, Systemic Functional Grammar

Introduction: Natural Language Generation, Linguistic and Semantic Resources

Natural Language Generation (NLG) is defined as a knowledge-intensive problem, because it requires a lot of resources and different types of knowledge. Natural Language Generation requires knowledge about the domain described in the texts, knowledge about the natural language, which is generated (vocabulary, grammar, semantics), strategic rhetorical knowledge (how to achieve certain communication objectives, how to build various types of text, text style) and so on. On one hand, solid theoretical research is needed, which is related to the linguistic nature of the generated output, natural language texts. On the other hand, a more technocratic attitude toward computer generation has also its arguments and involves in a specific way some modern semantic technologies. The most numerous are the systems and applications for NLG which produce English. Production of other natural language is still a serious research challenge.

In general, the task of natural language generation has two dimensions of linguistic specification.[Bateman, 2002] Firstly, the information in the future text may be more specific or more abstract (stratification with levels: text style, semantics, lexico-grammar, graphology /phonology). Secondly, the information may correspond to different values of the meaning, or meta-functions (propositional, interpersonal, textual). This is the base of the idea for true NLG nature and for the tasks in computer generation process:

1) content selection and content interpretation,
2) text planning,
3) lexico-grammatical realization of the text.

Techniques for content selection of are associated with decisions which part of the input information to be incorporated in the future text and which to be omitted. The classic way to determine the content was introduced by text schemes [McKeown, 1985] and plays an important role in the structuring of texts in many systems for NLG. Some of today's systems/ applications for NLG use completely different techniques for content selection when they implement so called “open planning” [Bouayad -Agha et.al., 2012-1]. These techniques depend directly on the specific input knowledge representation, namely representation in RDF-graphs.

The techniques for content interpretation vary from creating mapping tables for terms of application domain and linguistic resources to ontological models with different complexity. The role of ontologies here is to link the domain concepts to the linguistic nature of the language entities, which express the concepts in the text. It is claimed in [Bouayad-Agha et.al., 2012-2] that one of the most promising such ontologies is the Generalized Upper Model [Bateman et.al, 1990], which evolution goes on more than 20 years [Bateman et.al., 2010].

Concerning the lexico-grammatical realization of the text, the existing techniques applied in the NLG can be classified into a scale. At the one end of the scale are the sets of templates, and at the other end- conversions with constructions of grammar. The structural templates can be fixed or parameterized, and are triggered by specific communication objectives or semantic specifications. Grammars aim to map every well formatted semantic input to a corresponding string or sequence of strings representing the generated output text. The approaches to this task contain a huge amount of work on NLG. The most famous formalisms and their corresponding grammatical resources for NLG are: Head-Driven Phrase Structure Grammar [Pollard and Sag, 1994] and semantic head-driven generation [Shieber et.al, 1990], the Meaning-Text Theory of Melchuk and the generator RealPro [Lavoie and Rambow, 1997], the Functional Unification Formalism (FUF) [Elhadad, 1990] and the grammar SURGE: Systemic Unification Realization Grammar for English, message-directed processing [McDonald, 1983] and lexico-grammatical resource MUMBLE, generation

with grammar directed control suggested for the Penman system [Mann, 1983] and grammars in the Environment for multilingual generation KPML [Bateman, 1997].

The paradigm of Systemic-functional linguistics [Halliday, 1994] is one of the most successful formulations for natural language generation. Systemic-functional linguistics offers exceptional opportunities for parallels in systemic functional descriptions of different natural languages. Such parallels allow faster and more effective formalization of linguistic knowledge in the creation of a application for natural language generation in a newly handled language.

Specificity of systemic-functional view of NLG is the organization of the entire process of generating around the communication goals, and not around the grammatical structures of the particular natural output language. This is the basic idea of building a search space of systemic networks, which is in fact an applied resource of the Systemic-functional grammar of the particular natural language. To realize such a grammar it is necessary to be modeled (some) linguistic phenomena of the natural language in terms of Systemic-Functional linguistics.

An interesting feature of the NLG is that from the output texts it could not be assessed what technologies are used in the process of generating- basic word processing or depth methods with rich resources. Thus, what is the scope of linguistic phenomena, with which the natural-language generator operating is a very important characteristic.

As a sub-field of Natural Language Processing, the Natural Language Generation is affected by semantic technologies [Staykova, 2014], and they are Information Extraction, Knowledge Representation, Ontological Engineering, Knowledge Extraction, Semantic Annotation. According to the popular definition in [Polikoff and Allemang, 2003] semantic technologies are software technologies, which allow the meaning of information and associations between units of information to be available for processing during the program execution.

The technology of semantic annotation is important for the thesis, because of intention more comfortable means to be offered for pre-processing text corpuses for NLG. According to [Erdmann et.al, 2000], metadata is attached to the texts during the semantic annotation process. It must make the semantics of the terms in the text "understandable" for the machines. This process is generally a semi-automatic. It consists of knowledge extraction, which means that a connection is established between lexical terms of the text and, for example, ontological concepts, which carry ”the meaning”. This way knowledge is acquired, which meaning has been needed for the computer operations in the particular context

The approach for semantic annotation “Ontology-to-Text relation”, which is proposed in [Simov and Osenova, 2007] and further developed in [Simov and Osenova, 2008], is based on the view that semantic annotation could be taken from the perspective from ontology to the text. It uses ontology-based lexicons.

The main idea of the method is specially designed resources- terminological lexicon and annotation grammar to be used in combination in identifying occurrences of the ontological concepts in the text. The terminological lexicon is a set of lexical equivalents of the terms of ontology. Annotation grammar is a means of recognizing the ontological terms in the target texts. A partial annotation grammar contains at least one grammatical rule for each term from the lexicon for recognition of the concept. In order to facilitate the work of the annotation grammar, it is necessary to perform preprocessing of the text. Setting the grammar may be considered as a second stage of training in applying the approach “Ontology-to-Text relation”.

In comparison with the classical method for semantic annotation the approach “Ontology-to-Text relation” uses ontologies as an essential resource for compiling and processing of terminological lexicon. It is very appropriate when working with texts thematically classified in a particular field of knowledge. NLG requires presentation of knowledge in the domain of future texts, so semantic annotation method "From ontology to text" is suitable preparatory work for the generation. The benefits of re-using the semantically annotated text would be greater as well as to adjust the process of NLG and to evaluate it.

For this thesis as the theoretical basis of the NLG in Bulgarian is selected the paradigm of

Systemic-Functional linguistics, as it is one of the most successful theories and application field in the NLG area. On the base of the [Halliday, 1994] theory, the Systemic- Functional grammars are focused on coding semantic links of the text in a functional form. They are aimed at direct correspondences between higher levels of text organization as text plan. This is a prerequisite for applied scientific research to generate several types of texts - technical instructions in Bulgarian. Access to the Environment for multilingual generation KPML assists in creating, testing, and applying Systemic- functional grammars of different natural languages.

It is clear for the presented overview that the Natural language generation can not be realized without lexico-grammatical and semantic resources. Developing of domain ontologies is natural, but also very important is the role of higher-level models to connect the semantic and linguistic knowledge representations. So, the ontology engineering is tightly connected to the NLG. Also, the semantic annotation of natural language texts has its role in the process of NLG as a pragmatically significant task. Semantic annotation is of interest especially applied to natural languages other than English due to the small number of studies and working implementations. Therefore research interest in this thesis is also the presentation of knowledge in ontological models and and semantic annotation as part of the main task of automatically generating texts in Bulgarian. From a presented overview it is clear that the natural language generation is an area with a specific theoretical platform and useful pragmatic implementations, an area yet to show its potential.

The Dissertation Aims and Tasks

The main objective of this thesis is research and experiments for the realization of natural language generation of Bulgarian texts through the creation of linguistic resources for major sites of Bulgarian language and semantic resources for specific domains. The research tasks of the thesis are specified based on the analysis of contemporary approaches, models and techniques for formation of linguistic and semantic resources, taking into account the problems of the natural language generation. They are consistent with the needs of the research environment in which the author worked.

Tasks of the dissertation are listed as follows:

1. To be created formal descriptions of basic linguistic objects of Bulgarian are created in following the Systemic Functional Theory of Halliday. The aim is created descriptions to be applied in the process of NLG, namely generation of Bulgarian technical instructions.
2. The developed formal descriptions to be implemented in a form of computational resource for NLG in Bulgarian within the Environment for Multilingual Generation KPML.
3. The developed lexico-grammatical resource to be used for automatic generation of coherent technical texts in Bulgarian on a chosen domain.
4. A scheme for semantic annotation of specialized Bulgarian texts to be created on the base of modern semantic technologies and implemented for domain of interest.

The work presented in the dissertation is based on the following research projects and is carried out with the active participation of the author:

AGILE: „Automatic Generation of Instructions in Languages of Eastern Europe" is a research project funded by the European Commission realized under the program INCO-Copernicus from 1998 to 2001 by partners from five counties: United Kingdom, Germany, Check Republic, Russia and Bulgaria.

SINUS: „Semantic Technologies for Web Services and Technology Enhanced Learning" is a research project № D-002-189 funded by the National Science Fund of Bulgaria from 2009 to 2012. The results of the SINUS project are available at sinus.iinf.bas.bg.

1. Preparation of Lexico-Grammatical Resources for NLG in Bulgarian

Researchers in the field of computational linguistics have shown interest to natural language generation in Bulgarian since the first experiments into the processing of natural language. The idea of Ruslan Mitkov about a system generating Bulgarian texts [Mitkov, 1990] is associated with the domain of geometry, and namely descriptions of basic geometric terms to be generated in Bulgarian. In recent years, there are interesting developments of modeling Bulgarian language related to machine translation, for example [Ranta, Angelov, Hallgren, 2010]. There is experience in the generation of Bulgarian sentences starting from conceptual graphs [Bontcheva and Angelova, 1996]. However, only the realization of NLG process reported by AGILE project produces coherent Bulgarian texts. In that the natural language generation is realized as parallel process of automated text production in three Slavic languages: Bulgarian, Check and Russian [Kruijff et.al., 2000]. It is this research that is discussed in detail within the thesis .

1.1. Modeling some linguistic phenomena in terms of Systemic Ffunctional Grammar

Generally speaking, to generate a sentence of a natural language it is enough the generator to have only the necessary lexical and grammatical information about realized linguistic phenomena in this particular sentence. By this logic a small corps of target texts is defined to explore the specific language phenomena manifested particularly in the type selected texts to be explored the specific language phenomena manifested particularly in the selected texts. The needed lexical material for generation in the selected area is fixed this way. The chosen type of texts for our examples is instructional texts and the domain is CAD/CAM software.

The text corpus consists of 9 procedures in Bulgarian, 194 sentences (clauses) 1219 words. A detailed analysis of the text corpus is performed in three steps. First, the grammatical structures used in the procedures are determined. Second, a study on ways to describe the linguistic phenomena in terms of Systemic Functional Linguistics is performed. Third, formal specifications for basic grammatical functions are developed.

In general, having the models of linguistic phenomena, further work is organized towards the creation of fundamentally built set of resources and a complete description of the grammar. The set of linguistic models presented here is a partial detail in respect to the complete model of grammar and is working in the chosen domain.

Systemic functional grammar as systemic network makes it possible to define the regions, in which the structures typical of the subject area are assembled. The grammatical structures are modeled in manner to be re-usable for any other generation process, as they reflect a principle grammatical model. Construction of complete applied grammars is not intended by researchers of AGILE project. This is the reason the suggested modeling of linguistic phenomena to be partial, but covering all registered phenomena in the text corpus.

[Стайкова и Пенчев, 2000] presents the first small step to introduce terminology for a systemic - functional analysis of the Bulgarian language. However, in this dissertation the author has adhered to the established English terminology to describe linguistic phenomena as systemic networks.

Systemic networks were drawn in following areas after an analysis of these phenomena in the Bulgarian language, and particularly in the text corpus:

Process types are determined as they are used in the text corpus.

Process circumstances

A key system here is TYPE-OF-CIRCUMSTANCE. Examples of circumstances from the text corpus are the most commonly associated with material processes to which an adjunct for place is added. Marked are also occurrences of phrases expressing the relation part – whole (for example,

крайна точка на дъгата/end point of an arc) and of phrases expressing the relation of referencing (for example, *Въведете ъгъл спрямо допирателната./ Enter angle to the tangent.*)

Diathesis

According to a systemic functional analysis a core of functional- semantic field Diathesis is the category Voice. The Voice can be described as a link between transitive functions expressed through the roles of the process participants and the functions for activity in the process Agent and Medium [Halliday, 1994, стр.161]. Except through the morphological category of Voice passivity can be expressed also by "middle construction".

Modality

Modality has the characteristic manifestation on the level of the clause in imperative or indicative form of the verb. In the text corpus, the number of imperative and indicative clauses is almost equal because of the style of instructional texts. In other texts, the imperative mood of verbs would not be so well supported. Only the polite form of the verb is used, 2nd person, plural. There are no interrogative or conditional sentences in the text corpus. Features of the indicative and imperative clauses are analyzed .

Temporality

It is assumed in modern linguistics that the Bulgarian language has nine verb tenses [Бояджиев, Куцаров, Пенчев, 1999г.]. Only two of them are found in the studied text corpus: present and past indefinite. The occurrences of present time are the most numerous.

Completeness of the Process

Perfective/Imperfective verb aspect is a feature of Slavic languages, including Bulgarian. In fact, there exists an interesting discussion on the nature of this phenomenon, but it is widely assumed by the linguists that the verb aspect in Bulgarian is a lexico-grammatical feature of verbs [Бояджиев, Куцаров, Пенчев, 1999]. From the point of view of Systemic Functional theory, the verb aspect is a function of the Predicator.

As imperfect verb forms and perfective occurrences are observed in the texts of the corpus. Verb aspect is not influenced by the predominant use of imperative mood in the texts under question. A new system is introduced to the systemic grammatical network to handle the feature of verb aspect in Bulgarian.

The level of clause complexes

In Systemic Functional Grammar of Halliday [Halliday, 1994] it is supported the notion that the complex sentences (clause complex) can be seen as a set of sentences, the same way as the groups (nominal, verbal, adverbial) may be perceived as "a set of words". The challenge in the organization of complex sentences arises from the various ways in which simple clauses can be connected. The theory distinguishes two dimensions to offer detailed description on the ways of organizing some simple sentences into clause complexes. The first dimension deals with the system of interdependence, whether paratactical or hypotactical. The second dimension is the logical-semantic and deals with the expansion and projection. They are discussed in the thesis emphasizing the idea that complex sentences arise as a result of the interaction of both dimensions.

All complex sentences from the text corpus are analyzed. Systems building the systemic network, which models clause complexes are discussed in respect to the particularities of Bulgarian language.

1.2. Lexico-grammatical resource for generation of Bulgarian texts: Applied Bulgarian Systemic Functional Grammar

The Applied Bulgarian Systemic Functional Grammar, is a resource for generating Bulgarian texts created in the Environment for multilingual generation KPML. When creating new grammars in KPML it is encouraged the approach of comparative analysis with the applied English grammar NIGEL or with an appropriate resource of other languages, for example, German or French.

A comprehensive analysis of all possible outcomes of systemic network takes a lot of time and work, so under the AGILE project the resulting grammars primarily work within the functional

fields identified in the analysis of the text corpus. This approach gives an opportunity at any time the applied resources to be detailed and enriched with new features.

Before the AGILE project There are not known generating systems to offer re-use of resources to generate texts in new application domains, so this approach is beneficial for the whole community of NLG researchers. The Applied Bulgarian Systemic Functional Grammar is available from the Generation Bank supported by the KPML environment. The resource has generated a set of representative examples that give an idea of the developed systemic-functional fields.

As a computational resource an applied grammar in KPML environment is a systemic network organized in regions of associated systems. The fields are conditionally divided and the systems in a field are relevant to the same grammatical phenomenon.

The choice of road through the systemic network is guided by input data and by the logic of automated choices. The logic of automated choices is realized by choosers and inquiries.

The process of generation is initiated and guided by systemic characteristics of the expected text, which are set in input description- expression of the language for planning sentences called Sentence Planning Language (SPL). All terms that appear in the input SPL expressions are defined in the high-level ontology GUM, or in the domain ontology for the particular domain of application.

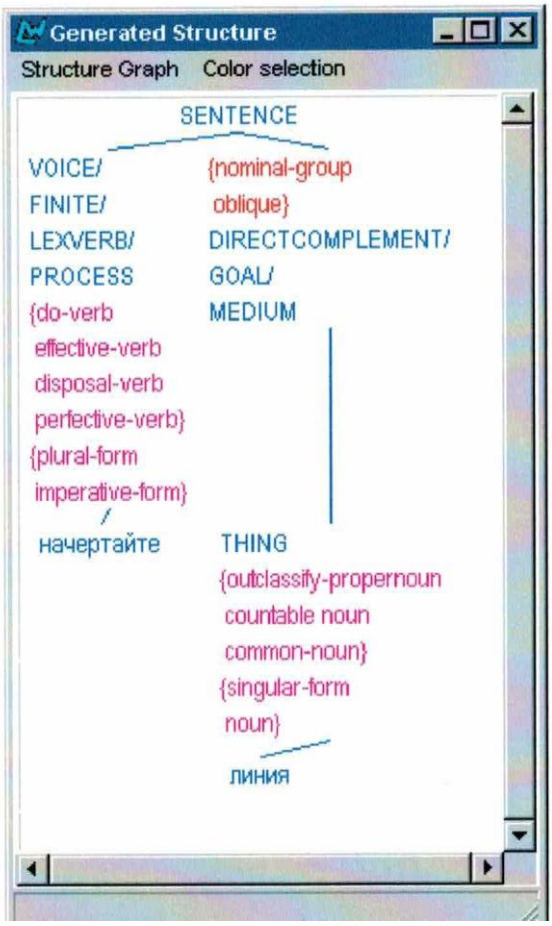


Figure 1 The structure of generated clause “Начертайте линия.”/ Draw a line.

This section of the thesis shows the systems and choosers of the Applied Bulgarian Systemic Functional Grammar for some specific language phenomena described above. Various examples demonstrate the generation of sentences containing a variety of linguistic phenomena, which modeling is presented in the previous section of the dissertation. The described models are applied in the grammar and it works with them adequately [Dochev et.al., 2001]. This includes generating active and passive voice, perfect and imperfect aspect of the verb, indicative and imperative mood,

nominalization of verb group, coordination of elements in the noun group in gender and number. At the end some syntactic constructions of generated clause complexes are shown. Figure 1 above shows the syntactic construction of generated clause "Начертайте линия./ Draw a line." [Staykova, 2000].

It is demonstrated that with the created resource is possible to be generated a relatively wide range of alternative sentences [Staykova, 2000] in respect to the grammatical characteristics and also simple and complex sentences, hypotactic and paratactic relations within the clause complexes and so on. The achieved scope of generation is pragmatically limited by the particular style of the target texts, namely procedural texts of technical instructions. On the other hand, the resource is available for re-use and extend of the generated variations, because it is based strictly on systemic- functional modeling of the Bulgarian language and it is taken into account the linguistic nature of the generation output product – the well formulated Bulgarian sentence.

2.Realization of Entire Process of Natural Language Generation of Bulgarian Texts

This chapter of the thesis describes the process of automatic generation of instructional texts in Bulgarian, as it is designed and executed by the system AGILE.

The process of setting the parameters for the natural language generation begins with the introduction of the domain concepts of future texts. This is the definition of the model of the subject area of CAD / CAM-applications. Its concepts (given in Application 1 of the thesis) are synchronized with the concepts of the high-level ontology Generalized Upper Model, which ensures consistency between the concepts of the domain and their systemic-unctional projection regarding Bulgarian language.

The work on computer generation in Bulgarian includes a systemic-functional analysis of the concepts of the CAD/CAM domain. It was found [Staykova, 2005] that the concepts can be adequately classified into the GUM ontology in respect to implementation with language constructs of the Bulgarian language. This means that there is no need any adjustments in the upper ontology GUM to be provided for its use in the process of automatic generation in Bulgarian [Staykova et.al., 2005]. In terms of an overall analysis of the conformity of the construction of the Generalized Upper Model and language structures of Bulgarian is needed more serious research work. It could only be said that the first move was made with the introduction of the terminology of systemic-functional analysis in Bulgarian [Стайкова и Пенчев, 2000]. This is essential as the constructions of GUM correspond directly with the provisions of the Systemic-Functional Grammar of [Halliday, 1994]. The determination of the future text content is executed by the user of the system using text-structuring elements.

The real generation process begins with introducing the combination of concepts to be generated in a text. Application 2 of the thesis shows an example of a formal representation of input combination of concepts, which aims to produce a instructional text. After receiving the input data the text planning module is working on the process of automated generation and after it - the sentence planner. They create plans of each sentence as part of an overall coherent text. The mechanism is explained in the thesis together with the idea of creating several text style variations from the same input data. Two different styles are introduced, in which the instructions can be realized: personal-imperative and impersonal-indicative. The two main variations presented in the styles alternatively come from the mode of implementation of the instructions in the text, for example: „Въведете ОК."/ Enter the OK vs. „Въвежда се ОК"/ OK is entered.

In the table given bellow the columns reflect the differences in organization of the text- presentation

of a list of commands as a numbered items or different variations of aggregation. Variations of aggregation are made on the base of different content distribution among the sentences.

Text style	Short commands in numbered list	Longer sentences	Longer sentences with explanations
Personal-imperative	***Variant 1***	***Variant 2***	***Variant 4***
Impersonal-Indicative		***Variant 3***	***+additional aggregation Variant 5***

Table 1 Variations of generated texts

The lexico-grammatical realization of the automated generation of Bulgarian texts is done in the Environment for multilingual generation KPML by the Applied Bulgarian Systemic Functional Grammar [Staykova at.al., 2000]. In the thesis, the description of actual process of NLG of instructional texts in Bulgarian is completed with the comment of the resulting 5 different texts from one particular input data, given as an example. The Variant 1 of the generated text is presented bellow. The thesis contains all the 5 variants of the exemplified generation process.

Чертане на полилиния, съставена от отсечки и дъги

1. Стартирайте командата PLINE.
2. Задайте началната точка на отсечка.
3. Задайте крайната точка на отсечката.
4. Въведете **a**. Изберете OK.
5. Задайте крайната точка на дъгата.
6. Задайте трета точка на дъгата.
7. Въведете **l**. Изберете OK.
8. Въведете дължина на отсечка.
9. Въведете ъгъл на отсечката спрямо допирателната в крайната точка на дъгата.
10. Натиснете Return.

3.Semantic Technologies Applied on Bulgarian Texts. Bulgarian Semantic Resources

This chapter deals with applications of semantic technologies for semantic annotation of specialized texts in Bulgarian, Such applications would help the pre-processing and adjustment of computer generation of Bulgarian texts. The research and some developments of SINUS project are used here. The aim of SINUS project is creation of semantic platform for technology-enhanced learning with dynamic composition of educational materials. This requires available supporting information models for dynamic creation and adaptation of learning objects, in order to be provided their reusability during the learning process.

The platform of SINUS project provides access to various existing multimedia libraries. The

applications described here use the multimedia objects, which belong to the multimedia digital library "Virtual Encyclopedia of East- Christian Art" [Pavlova-Draganova et. al., 2007]. This is a multimedia library that contains information for iconographic objects (icons, miniatures, paintings, etc.) created on the territory of Bulgaria during the period VII - XIX century. Its multimedia objects are presented in the form of collections of digital images and various descriptive texts.
Semantic search of the project platform within the multimedia library is supported by ontology called Ontology of Bulgarian Iconographical Objects or base ontology. The chosen approach provides search, visualization and use of multimedia content through various metadata schemes. The metadata schemas describe multimedia objects from different perspectives according to the different interests of users. This is achieved through formalized expert knowledge, which is structured in ontologies conventionally called specialized ontologies.

3.1 Formalization of knowledge in the field of iconography

The task concerning the formalization of knowledge in the field of iconography is caused by the task of creating semantic models of the basic multimedia objects facilitating the educational environment of SINUS project. The main multimedia objects used in the demonstration examples of the project are icon, wall-painting, miniatures. Accessing such objects of the platform is provided by the semantic models of multimedia objects created in the environment of SINUS project. The semantic models are built on ontological structures.
Considerable amount of work is done in recent years in the field of ontological engineering. As a result, the areas of information space provided with ontological standards increase. Such areas are medicine, cultural heritage of humanity, project management, etc. CIDOC – CRM is a fundamental ontological model in the areas of applied arts, and more generally in the field of cultural heritage of humanity. The ontology is developed by the Documentation Standards Working Group of the International Council of Museums – ICOM. From September 2006 CIDOC – CRM ontology is accepted for standard ISO 21127 of the International Standardization Organization (ISO). The main role of the CIDOC – CRM is to serve as a basis for linking information for cultural heritage. It is intended to be the "semantic glue" needed to the transformation of modern distributed local information sources in coherent and valuable global resource.
This part of the thesis presents the work for alignment of the base ontology of iconographic objects OBIO and the concepts of higher level belonging to the ontology CIDOC – CRM. After analyzing the concepts of ontology OBIO they are classified under the classes hierarchy of CIDOC – CRM. So the semantic model used in the SINUS environment is re-usable and accessible for every project based on CIDOC – CRM and the published knowledge can be handled by agents in the broader Internet space. Application 3 of the thesis contains a presentation of the ontology OBIO in the ontological language OWL.

3.2 Semantic annotation of specialized Bulgarian texts

The work on a task of semantic annotation of specialized texts in Bulgarian is described in this section of the dissertation. The task is described as follows [Staykova et.al., 2011]:
We have multimedia objects which are semantically annotated within the SINUS platform and represent instances of the ontological class *Iconographic object* of the base ontology OBIO. We have a basic semantic model and an extended semantic model of *Iconographic object,* which models are supported by the base and specialized ontologies. The data relations of the basic ontological model provide access to text data, which is presented in form of short descriptive texts in Bulgarian associated with the particular iconographic object. The texts are part of the multimedia objects description of the digital library "Virtual Encyclopedia of East- Christian Art". The task of semantic annotation consists in adding such annotations within the descriptive texts and annotations to be associated with all occurrences of ontological concepts belonging to the specialized ontologies.
Semantic annotations are used further for semi-automatic expansion of the semantic model of the

multimedia object in semantic space of Sinus environment [Dochev and Agre, 2012].
For the realization of semantic annotation is used "Ontology to text" relation, because it is very suitable for the presented task [Staykova et.al., 2012-1].
All requirements for the applying of this approach are met:

1) specialized ontologies are used in semantic environment of Sinus platform;
2) its ontological concepts are lexicalized in Bulgarian and, on this basis, the creation of terminological lexicon in Bulgarian is possible;
3) partial grammars of Bulgarian can be built to recognize occurrences of ontological concepts in Bulgarian texts. The recognized occurrences will be annotated as ontological terms.

This section of the dissertation is based on reports on the project Sinus available on sinus.iinf.bas.bg and on the paper [Staykova et.al., 2012-2], where setting the means for semantic annotation is described in detail. The research includes creating annotation grammars with the system CLaRK [Simov et.al., 2001], [Simov et al., 2002] shown in Application 4 to the thesis, compiling the gold standard for measuring the result of the automatic semantic annotation, creating cascading job for searching the texts and, finally, analysis of the results.
The program for ontological terms recognition with partial grammars is applied to each text of the formed text corpus. The results set out in Application 5 of the thesis show values of the achieved Precision and Recall, 0.984 and 0.842 respectively. These results are very good for the pragmatic aim of the task.
Conduct scientific and applied research shows that, although some improvements are possible, the application of the "Ontology to Text" relation solves effectively the given task of semantic annotation of Bulgarian texts. It is also valuable, that the created resources in form of terminological lexicons are re-usable, as they could be useful in different domains of application.

Contribution summary

The dissertation contains description of research on preparation and application of resources for natural language generation of Bulgarian texts. Theoretical paradigm of the applied natural language generation is Systemic Functional Grammar of Halliday. The chosen approach to the process of generation is the grammar directed control. It is discussed in the introduction that the necessary resources for NLG of texts in given language are lexico-grammatical resources and semantic resources.
The building process of a lexico-grammatical resource for NLG in Bulgarian is presented. The process consists of following steps:

1) Partial analysis and modeling of some linguistic features of Bulgarian. These linguistic features have been identified from a corpus of texts selected as target of generation. The texts present instructional procedures from CAD/CAM manual. Performed linguistic modeling is based on the Systemic Functional Grammar of Halliday. The resulting linguistic models are described in the dissertation and present linguistic areas of diathesis, modality, temporality, aspect, nominalization of verb group, determination. Some relations within clause complexes are also modeled because of their significance for the corpus of texts.
2) The Applied Bulgarian Systemic Functional Grammar is based on the linguistic models and is parallel to the already existing applicable resource for English. The Bulgarian lexico-grammatical resource is built with the tools of the KPML environment. Essential characteristics of the resource are: accessibility, open source for building, expanding and reuse in other fields of application.

The process of generation of Bulgarian texts is presented in the dissertation. The automatic NLG uses the created lexico-grammatical resource and also the work on the semantic resources: settings control for linguistic ontology of higher level (Generalized Upper Model) and the particular domain model of generation in Bulgarian.

An example of generation result is shown: five variations of instructional texts in Bulgarian are generated from one and the same source of input information.
The last part of the dissertation is dedicated to the work of formalization of knowledge in semantic models, which are connected to the task of semantic annotation of Bulgarian texts. The process of semantic annotation of descriptive Bulgarian texts from the domain of iconography is demonstrated with the idea that such process will boost the pre-processing of computer generation. The applied approach is based on realization of Ontology-to-Text the relation, which is used in solving the semantic annotation task. Partial grammars with regular expressions in the CLaRK system are built and applied. This part of the dissertation can be seen as an inspiration for future development and experimentation with the approach to be computerized the preparation process of NLG. Another interesting perspectives include multilingual generation and generation from different input sources of information.

The following research contributions are presented in the dissertation:

1. Formal presentation of some basic linguistic objects of Bulgarian are created in accordance with the Systemic Functional Theory of natural language. This working model allows successful generation of Bulgarian procedural texts (technical instructions for creation of technical documentation).
2. The developed formal descriptions are realized in the form of applicable computer resource (Bulgarian Systemic Functional Grammar). The realization is made in the Environment for Multilingual Generation KPML and allows reuse, expenditure and future development.
3. The developed Bulgarian Systemic Functional Grammar is implemented as a module in a multilingual system AGILE allowing computer generation of technical texts in different styles (personal-imperative, impersonal-declarative). The system is applied to generate coherent Bulgarian texts during the creation of technical manuals for CAD/ CAM applications.
4. A scheme for semantic annotation of Bulgarian texts is built and implemented. The semantic annotation models are based on the ontology describing the Eastern Christian iconographic art and following the upper level concepts of CIDOC- CRM. Semi-automated semantic annotation of specialized descriptive texts in Bulgarian is realized by grammars based on regular expressions.

References

[Бояджиев, Куцаров, Пенчев, 1999] Бояджиев Т, И. Куцаров, Й. Пенчев: *Съвременен български език*, ИК Петър Берон, София, 1999.

[Стайкова и Пенчев, 2000] Стайкова К., Й. Пенчев: *Системично- функционалната лингвистика и българският език*, "Български език", София, XLVIII, том 4-5, 1999/2000, стр. 5-24.

[Bateman, 1990] Bateman J.: *Upper Modelling: Organizing Knowledge for Natural Language Processing*, In Proceedings of the 5th International Workshop on Natural Language Generation, 3-6 June 1990, pp. 54–60.

[Bateman, 1997] Bateman J. A.: *Enabling Technology for Multilingual Natural Language Generation: The KPML Development Environment,*. Natural Language Engineering 3, 1 (1997), 15–55.

[Bateman, 2002] Bateman J. A.: *Natural Language Generation: an Introduction and Open-Ended Review of the State of the Art, 2002*, http://www.fb10.uni-bremen.de/anglistik/langpro/webspace/jb/info-pages/nlg/ATG01/ATG01.html .

[Bateman et.al., 2010] Bateman, J. A., J. Hois, R. Ross, and T. Tenbrink: *A Linguistic Ontology of Space for Natural Language Processing*, Artificial Intelligence 174, 14 (2010), 1027 – 1071.

[Bontcheva and Angelova, 1996] Bontcheva, K. and Angelova, G.: *Planning and Generating Hypertext Documentation.* In: Proceedings. of the Workshop "Gaps and Bridges in Natural Language Genaration", European Conference on Artifi - cial Intelligence ECAI-96, Budapest, Hungary, August 1996, pp. 25-28.

[Bouayad -Agha et.al., 2012-1] Bouayad-Agha N., Casamayor G., Mellish C., and Wanner L.: *Content Selection from Semantic Web Data.* In Proceedings of the Seventh International Natural Language Generation Conference (INLG), Special Track on Future Generation Challenges Proposals (2012), pp. 146–149.

[Bouayad -Agha et.al., 2012-2] Bouayad-Agha N., Casamayor G., and Wanner L.: *Natural Language Generation in the context of the Semantic Web*. Semantic Web Journal, 2012, http://www.semantic-web-journal.net/system/files/swj511_0.pdf.

[Dochev et.al., 2001] Danail Dochev, Kamenka Staykova: *A Multilingual System for Automatic Generation of Technical Manual Texts*, In Proceedings of the International Conference on Computer Sys-tems and Technologies CompSysTech'2001, Sofia, 21-22 June 2001, pp. II.14.1-5.

[Elhadad, 1990] Elhadad, M.: *Types in Functional Unification Grammars*, in Proceedings of the 28th. Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL, 1990, pp. 157-164.

[Erdmann et.al, 2000] Erdman M., A. Maedche, H.-P. Schnurr, S. Staab: *From Manual to Semi-automatic Semantic Annotation: About Ontology-based Text Annotation Tools*, In P. Buitelaar and K. Hasida (eds) Proceedings of the COLING 2000 Workshop on Semantic Annotation and Intelligent Content, 2000.

[Halliday, 1994] M A K Halliday: *Introduction to Functional Grammar*, Edward Arnold, London, Second Edition, 1994.

[Kruijff et.al., 2000] Kruijff, G.-J., Teich, E., Bateman, J., Kruijff-Korbayová, I., Skoumalová, H., Sharoff, S., Sokolova, L., Hartley, T., Staykova, K. and Hana, J., *A multilingual system for text generation in three Slavic languages*, in Proceedings of the 18th. International Conference on Computational Linguistics (COLING'2000)', Saarbrücken, Germany, 2000, pp. 474-480.

[Lavoie and Rambow, 1997] Lavoie, B. and Rambow, O.: *A fast and portable realizer for text generation systems*, in Proceedings of the 5th. Conference on Applied Natural Language Processing, ACL, Washington, 1997, pp. 265-268.

[Mann, 1983] Mann, W.C., *An overview of the PENMAN text generation system*, in Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, AAAI, 1983, pp.261-265.

[McDonald, 1983] McDonald, D.D. *Description directed control: its implications for natural language generation*, Computers and Mathematics, 9(1), 1983, 111-129.

[McKeown, 1985] McKeown, K: *Text Generation: Using Discourse Strategies and Focus Constraints to Generate Natural Language Text*, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1985.

[Mitkov, 1990] Mitkov, R.: *Generating Explanations of Geometrical Concepts,* Computers and Artificial Intelligence, 1990, 9(6), 579-589.

[Pavlova-Draganova, et.al., 2007] Pavlova-Draganova L., V. Georgiev, L. Draganov: *Virtual Encyclopaedia of Bulgarian Iconography*, Information Technologies and Knowledge, Vol. 1, 2007, No 3, 267-271.

[Pollard and Sag, 1994] Carl J. Pollard and Ivan A. Sag: Head-Driven Phrase Structure Grammar, University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 1994.

[Polikoff and Allemang, 2003] I. Polikoff and D. Allemang: *Semantic Technology*, TopQuadrant Technology Briefing, v1.1, September 2003, https://lists.oasis-open.org/archives/regrep-semantic/200402/pdf00000.pdf .

[Ranta, Angelov, Hallgren, 2010] Ranta, A., K. Angelov, T. Hallgren: *Tools for Multilingual Grammar-Based Translation on the Web*, In Proceedings of the ACL 2010 System Demonstrations, pp. 66-71, 2010.

[Shieber et.al., 1990] Shieber, S.M., van Noord, G., Pereira, F. C. N. and Moore, R.C., *Semantic head-driven generation*, Computational Linguistics 16(1), 1990, 30-42.

[Simov and Osenova, 2007] Simov K., P. Osenova: *Applying Ontology-Based Lexicons to the Semantic Annotation of Learning Objects*. In: Proceedings of the Workshop on NLP and Knowledge Represenattion for eLearning Environments, RANLP-2007, 49-55.

[Simov and Osenova, 2008] Simov K., P. Osenova: *Language Resources and Tools for Ontology-Based Semantic Annotation*, In: Al. Oltramari, L. Prévot, Chu-Ren Huang, P. Buitelaar, P. Vossen, Eds. Proc. of the OntoLex Workshop at LREC'2008, 2008, 9-13.

[Simov et.al., 2001] Simov K., Z. Peev, M. Kouylekov, A. Simov, M. Dimitrov, A. Kiryakov: *CLaRK - an XML-based System for Corpora Development*, In: Proceedings of the Corpus Linguistics Conference, 2001, pp. 558-560.

[Simov et.al., 2002] Kiril Simov, Milen Kouylekov, Alexander Simov, *Cascaded Regular Grammars over XML Documents*, In: Proceedings of the 2nd Workshop on NLP and XML (NLPXML-2002), Taipei, Taiwan. September, 2002. pages 51-58.

[Staykova, 2000] Staykova K.: *Bulgarian Resource for Generation of Instructional Texts: Result of AGILE Project*, IIT Working Papers, IIT/WP-109, 2000.

[Staykova, 2005] Kamenka Staykova: *Exercise in Conceptualization*, Cybernetics and Information Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Vol. 5, No 2, 2005, pp. 69-83.

[Staykova, 2014] Kamenka Staykova: *Natural Language Generation and Semantic Technologies*, Cybernetics and Information Technologies, Vol. 14, No2, 2014, pp. 3-24.

[Staykova et.al., 2000] Kamenka Staykova, Danail Dochev: *Development of Lexico-Grammar Resources for Natural Language Generation (Experience from AGILE Project)*, In: Cerry S. and D. Dochev (Eds.), Proceedings of the International Conference "Artificial Intelligence: Methodology, Systems, Applications 2000", Varna, September 2000, Lecturer Notes in Artificial Intelligence 1904, Springer-Verlag, 2000, pp. 242-251.

[Staykova et.al., 2005] Kamenka Staykova and Sergey Varbanov: *The Globe: Representation of Linguistic Knowledge and Knowledge about the World Together*, In Proceedings of the Workshop "Language and Speech Infrastructure for Information Access in the Balkan Countries", part of Fifth International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing, RANLP-2005, Borovec, Bulgaria, 25 September 2005, pp. 68-74.

[Staykova et.al., 2011] Kamenka Staykova, Gennady Agre, Kiril Simov, Petya Osenova: *Language Technology Support for Semantic Annotation of Iconographic Descriptions*, In Proceedings of the Inter-national Workshop "Language Technologies for Digital Humanities and Cultural Heritage", Sept. 2011, Hisar, Bulgaria, 16 Sept. 2011, pp. 51-57.

[Staykova et.al., 2012-1] Kamenka Staykova, Gennady Agre: *Use of Ontology-to-Text Relation for Creating Semantic Annotation,* In Proceedings of 13th International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech 2012, Ruse, Bulgaria, June 22 - 23, 2012, pp. 64-71.

[Staykova et.al., 2012-2] Kamenka Staykova, Petya Osenova, Kiril Simov: *New Applications of "Ontology-to-Text Relation" Strategy for Bulgarian Language*, Cybernetics and Information Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Vol.12, No 4, 2012, pp. 43-52.

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен "доктор" по научна специалност 01.01.12 "Информатика"

ЛИНГВИСТИЧНИ И СЕМАНТИЧНИ РЕСУРСИ ПРИ КОМПЮТЪРНО ГЕНЕРИРАНЕ И АНОТИРАНЕ НА БЪЛГАРСКИ ТЕКСТОВЕ

Каменка Атанасова Стайкова

Ръководител: Доц. Данаил Дочев

Научно жури:

Проф. Радослав Павлов
Проф. Мария Нишева
Проф. Иван Койчев
Проф. Галя Ангелова
Доц. Данаил Дочев

IICT

Институт по информационни и комуникационни технологии
Секция "Лингвистично моделиране и обработка на знания"

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция „Лингвистично моделиране и обработка на знания” на ИИКТ-БАН, състояло се на 28.04.2015 г.

Дисертацията съдържа 180 стр., от които 51 стр. в приложения, 27 фигури, 12 таблици и 5 стр. литература, включваща 83 заглавия.

Защитата на дисертацията ще се състои на _____20___ г. от _____ ч. в зала _____ на блок _____ на ИИКТ – БАН на открито заседание на научно жури в състав:

1. проф. Радослав Павлов, ИМИ - БАН
2. проф. Мария Нишева, СУ „Кл. Охридски”, ФМИ
3. проф. Иван Койчев, СУ „Кл. Охридски”, ФМИ
4. проф. Галя Ангелова, ИИКТ - БАН
5. доц. Данаил Дочев, ИИКТ - БАН, научен ръководител

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в стая 215 на ИИКТ – БАН, ул. „Акад. Г. Бончев”, бл. 25А.

Автор: Каменка Атанасова Стайкова

Заглавие: Лингвистични и семантични ресурси при компютърно генериране и анотиране на български текстове

Съдържание

Обща характеристика на дисертационния труд

Компютърното генериране на текст (Natural Language Generation) е научна дисциплина, чиято цел е продуцирането на разбираеми текстове на естествен език. Генерирането и анотирането на естествено-езикови текстове е особено актуално в съвременния свят, когато комуникацията е изключително бърза благодарение на Глобалната мрежа. От една страна съществува необходимост информация във вътрешно компютърно представяне да бъде поднесена в разбираем за хората вид, от друга страна, огромният обем достъпна текстова информация би била по-разбираема и полезна ако е систематизирана и подредена по някакви (семантични) критерии. В първия случай са приложими стратегиите на компютърното генериране на текст, във втория случай са полезни техниките за обработване на естествен език, като една от тях е семантичното анотиране.

В Глобалната мрежа са достъпни текстови представяния на всички съвременни езици и това парави обработването на естествен език научна област от изключителна важност и с необозрим потенциал. Предмет на настоящата дисертация са ресурсите за генериране и анотиране на български текстове. Научната общност занимаваща се с компютърни обработки на български език все още се нуждае от стабилни и пре-използваеми ресурси, отворени за допълване и развитие. В този смисъл лексико-граматическият ресурс за генериране на български текстове разглеждан в настоящата дисертация дълго ще бъде ценен и актуален с предлаганите възможности за по-нататъшно разширяване и развитие. Семантичните ресурси използвани за анотиране на български текстове също представят една от най-актуалните теми в обработването на естествено-езикови текстове, а именно- семантичните технологии. Освен, че са свързани със съвременните научни изследвания такива ресурси биха могли да имат и други приложения, тъй като по природа са пре-използваеми.

Кратък обзор на основните резултати в областта

Компютърното генериране на текст (КГТ) се определя като „задача интензивно използваща знания" (a knowledge-intensive problem) тъй като изисква много ресурси и различни видове знания. За компютърно генериране на текст са необходими знания за предметния свят описван в текстовете, знания за естествения език, на който се генерира (лексика, граматика, семантика), стратегически реторически знания (как се постигат определени комуникационни цели, как се построяват различни видове текст, стил на текста) и т.н. От една страна за компютърното генериране на текст са важни солидните теоретични изследвания свързани с лингвистичната същност на изходния продукт- текстът на естествен език. От друга страна, своите аргументи има и едно по-технократско отношение към компютърното генериране на текст, което въвлича по специфичен начин някои от съвременните семантични технологии. Най-многобройни са създадените системи и приложения за компютърно генериране на текст на английски език. Все още продукции на друг естествен език са сериозно изследователско предизвикателство.

Абстрактно описани, задачите на компютърно генериране на текст имат две измерения на лингвистична спецификация. От една страна, информацията в бъдещия текст може да бъде по-конкретна или по-абстрактна (стратификация с нива: регистър/ стил на текста, семантика, лексико-граматика, графология/фонология). От друга страна, информацията може да кореспонсира с различни смислови стойности или мета-функции (пропозиционална, интер-персонална или текстова). Така се очертава представата за същността на генерирането на

текст и се определят присъщите задачи при компютърно генериране:
1) селектиране и интерпретиране на съдържанието,
2) планиране на текста,
3) лексико-граматическа реализация на текста.

Техниките за селектиране на съдържанието се свързват с вземането на решение коя част от представената на входа информация да се включи в подготвяния текст и коя- да се пропусне. Класическият начин за определяне на съдържанието е въведен със схемите на текста [McKeown, 1985] и играе важна роля при структурирането на текстове в много от системите за КГТ. Някои от съвременните системи (или по-точно приложения) за КГТ ползват съвсем различни техники за селектиране на съдържание, когато са свързани с т.н. "отворено планиране на текста". Тези техники зависят пряко от специфичното представяне на знанията на входа, а именно представяне в RDF-графи.

Техниките за интерпретиране на съдържанието варират от създаването на таблици съпоставящи понятията от приложната област и лингвистичните ресурси на генератора, до различни по сложност онтологични модели. Ролята на онтологиите тук е да свързват понятията от предметната област на текста с лингвистичната природа на езиковите единици, чрез които се изразяват тези понятия в текста. В [Bouayad-Agha et.al., 2012] се твърди, че една от най-обещаващите такива онтологии е Обобщеният модел (Generalized Upper Model), чиято еволюция продължава повече от 20 години [Bateman et.al, 1990], [Bateman et.al., 2010].

Класически техники за планиране на текста са шаблонните структури, които могат да бъдат използвани за текстове със стереотипни конструкции. Сравнително гъвкав тип текстови шаблони са предложени от [McKeown, 1985] и представени в термините на мрежи на преходите (transition networks). Този подход е една от най-разпространените техники за организиране на текст въпреки явните си ограничения. Създаване на текстови конструкции с по-голяма гъвкавост е възможно чрез прилагане на Теорията за реторичната структура (TPC) [Mann and Thompson, 1988], която предлага общо описание на релациите съществуващи между текстови сегменти като показва дали тези релации са граматически или лексикално сигнализирани.

По отношение на лексико-граматическата реализация на текста съществуващите техники прилагани в КГТ могат да бъдат класифицирани в скала, като в единия й край са множества от шаблони, а в другия- реализациите с граматики. Структурните шаблони могат да бъдат фиксирани или параметризирани, и се задействат от специфични комуникационни цели или семантични спецификации. Граматиките имат за цел да съпоставят на всеки добре форматиран семантичен вход кореспондиращ му низ или последователност от низове представящи генерирания изходен текст. Подходите за тази задача съдържат огромна част от работата по КГТ. Най- известните формализми и съответстващи им граматически ресурси за КГТ са: Опорна фразова граматика [Pollard and Sag, 1994] и семантичното генериране управлявано от опорния елемент (semantic head-driven generation) [Shieber et.al, 1990], Модел на смисъла на текста разработен от Мелчук и повърхностния генератор RealPro [Lavoie and Rambow, 1997], формализмът за функционално унифициране (Functional Unification Formalism, FUF) [Elhadad, 1990] и граматиката за английски език SURGE (Systemic Unification Realization Grammar for English), генериране направлявано от съобщението (message-directed processing) [McDonald, 1983] и лексико-граматическия ресурс MUMBLE, генериране с контрол направляван от граматиката, предложен за системата Penman [Mann, 1983] и граматиките в Средата за многоезиково генериране KPML [Bateman, 1997].

Парадигмата на Системично-функционалната лингвистика е една от основните най-успешни постановки за компютърно генериране на текст. Системично-функционалната лингвистика предлага изключителни възможности за паралели при системично-функционалните описания на различни естествени езици. Такива паралели позволяват по-бързо и по-

ефективно формализиране на лингвистичните знания при създаване на система за компютърно генериране на текст за новоразглеждан език.
Специфичното при системично- функционалния възглед за КГТ е организирането на целия процес на генериране около комуникационните цели, а не около граматическите структури на конкретния естествен език. На това се базира идеята за изграждане на пространство на търсене от системични мрежи, което представлява приложен ресурс на системично-функционалната граматика за даден език. За реализиране на такава граматиката е необходимо моделиране на (някои) лингвистични феномени на естествения език по отношение на Системично-функционалната лингвистика.
Интересна характеристика на компютърното генериране е фактът, че от изходните текстове не може да се оцени какви технологии са използвани в процеса на генериране - елементарни текстови обработки или дълбочинни методи с богати ресурси. Затова е важен обхватът езикови феномени, с които работи генераторът на естествено-езиков текст. Този обхват дава представа за богатството на възможните вариации на изходните текстове.
Новите тенденции в компютърно генериране на текст са свързани с нарастващото значение на семантичните технологии в компютърните обработки. Естествено за КГТ е използването на онтологии за предметната област на генерирането, а също и обобщаващи онтологични модели от по-висок ред за лингвистичните знания. Следователно, онтологичното инженерство е до голяма степен свързано с компютърното генериране на текст. Семантичното анотиране на текстове на естествен език има приложение в областта на генерирането като практически значима подпомагаща дейност. Семантичното анотиране представлява интерес особено за естествени езици различни от английски поради по-малкия брой изследвания и работещи реализации.

Цели и задачи на дисертацията

Основна цел на настоящата дисертация са изследвания и експерименти за реализация на компютърно генериране на текстове на български език чрез създаване на лингвистични ресурси за основни обекти на българския език и на семантични ресурси за конкретни предметни области.
Изследователските задачи на дисертационния труд са конкретизирани на базата на анализа на съвременните подходи, модели и техники за формиране на лингвистични и семантични ресурси, отчитащи проблемите на съвременното генериране на текст, отразени в обзорната глава. Те са съобразени и с нуждите на изследователската среда, в която е работил авторът.
Задачите на дисертацията са следните:

1. Създаване на формални описания на основни обекти на българския език в рамките на Системично- функционалната теория на Халидей с цел компютърно генериране на технически текстове.
2. Реализация на създадените формални описания във вид на компютърен ресурс в Средата за многоезиково генериране KPML.
3. Апробация на разработения ресурс за компютърно генериране на кохерентни технически текстове на български език в избрана предметна област.
4. Разработване и реализация на схема за анотиране на специализирани текстове на български език на базата на съвременни семантични технологии.

В дисертацията са използвани съществено научните изследвания извършени с активното участие на автора по проектите AGILE и СИНУС.
AGILE: „Automatic Generation of Instructions in Languages of Eastern Europe” (Автоматично генериране на инструкции на три източно- европейски езика) е изследователски проект

финансиран от Европейската комисия и реализиран по програмата *INCO-Copernicus* през 1998-2001г. от партниращи си организации от пет държави: Великобритания, Германия, Чехия, България и Русия.
СИНУС: „Семантични технологии за Интернет-услуги и технологично поддържано обучение" е изследователски проект № Д-002-189 финансиран от Националния фонд „Научни изследвания" през 2009-2012г. Резултатите от проекта са достъпни на адрес: sinus.iinf.bas.bg.

Методология на изследването

Компютърното генериране на текст (Natural Language Generation) е под-област на Обработването на естествен език (Natural Language Processing). Научните изследвания и разработки в компютърното генериране на текст са съсредоточени върху създаването на компютърни системи продуциращи разбираем текст на естествен език. Започвайки обикновено от някакво семантично представяне на информацията на входа, системите генериращи естествен език използват знания за езика и знания за приложната област, за да създадат и оформят документи, отчети, рапорти, обяснения, помощни съобщения или други видове естествено- езикови текстове.

В настоящата дисертация са представени научно-приложни изследвания свързани с процеса на компютърно генериране на български текстове. От гледна точка на информатиката основни за компютърното генериране на текст са формализацията и обработката на лингвистични знания (лексико-граматика). В настоящата дисертация някои лингвистични феномени на българския език са обект на анализ и моделиране в парадигмата на Системично- функционалната граматика на [Halliday, 1994]. Показано е изграждането на приложен лексико-граматически ресурс за генериране на български език. Достъпът до Средата за многоезиково генериране KPML подпомага съществено работата по създаване, тестване и настройка на приложна системично- функционална граматика за генериране на български език.

Системично- функционалните граматики създадени на базата на теорията на [Halliday, 1994] кодират семантичните връзки в текста във функционална форма и са насочени към директни съответствия между по-високите нива на организация на текста и граматическия компонент. Това е предпоставка за научно-приложна изследователска работа по генериране на различни типове/ стилове на изходни текстове от едно и също входно представяне.

С развитието на семантичните технологии в последите години се наблюдават интензивни научно-приложни изследвания свързани с подпомагане компютърното генериране на текст, например за по-удобно представяне на знания в онтологични конструкции или по-ефективни семантични обработки на естествено-езикови текстове. Изследователско направление в настоящата дисертация е семантичното анотиране на специализирани текстове на български език чрез прилагане на подхода „Релация: От онтология към текст". Основна идея на метода е специално разработени ресурси (терминологичен лексикон, анотационна граматика) да се използват в комбинация при разпознаването на срещания на онтологичните понятия от дадена онтология в текст. Изследването е реализирано с частични граматики на базата на регулярни изрази разработени в системата CLaRK.

Структура на съдържанието

Първата глава на дисертацията представлява обзор, който представя по същество компютърното генериране на текст като научно-приложна област и описва лингвистичните и семантичните ресурси, които се използват в процеса на генериране. Първите два под-раздела 1.1 и 1.2 се занимават с постановката на задачата за КГТ и със съвременните техники и методологии използвани в процеса на КГТ. В раздел 1.3 са разгледани накратко

семантичните технологии характерни за областта Обработване на естествен език, тъй като КГТ е нейна под-област. Коментирани са също съвременните идеи и перспективи на компютърното генериране на текст от данни на Семантичната мрежа.
Втора глава представя работата по създаването на ресурс за генериране на български изречения. В раздел 2.1 са показани теоретични модели за някои граматически явления в българския език на базата на Системично-функционалната граматика на Халидей. В раздел 2.2 са описани принципите за създаване на приложна българска системично-функционална граматика. Показани са резултати от автоматичното генериране на български изречения със създадената приложна българска системично-функционална граматика.
Трета глава демонстрира използването на приложната граматика като лексико-граматически ресурс за генериране на български език в конкретна приложна област. Описан е процесът на планиране на текст. Показани са резултати от автоматично генериране на кохерентни текстове на български език в различни стилове.
В четвърта глава се обръща внимание на семантичните технологии като представяне на знания и семантично анотиране, които биха подпомогнали подготвителните работи при компютърно генериране на текст. Използвана е конкретна приложна област за изследване на семантично анотиране с частични граматики на базата на регулярни изрази.

1. Компютърно генериране на текст, лингвистични и семантични ресурси

Компютърното генериране на текст (Natural Language Generation) е под-област на компютърната обработка на естествен език (Natural Language Processing). Това е дисциплина, в която научните изследвания са съсредоточени върху създаването на компютърни системи продуциращи разбираем текст на естествен език. За да разграничим Генериране на естествен език от научната област Синтезиране на говор, в тази дисертация ще използваме превода Компютърно генериране на текст.

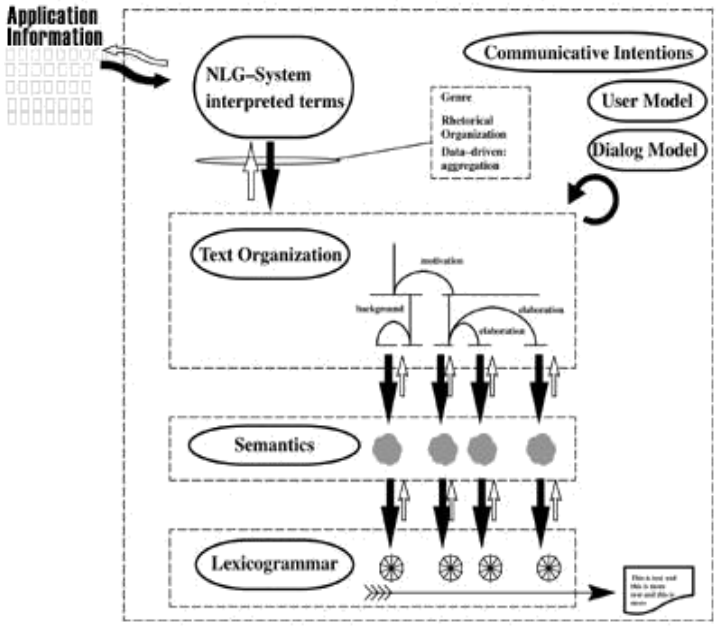
Дефиниране на задачата

Най-общо основната задача на компютърното генериране на текст може да се формулира като превръщане на някакъв вид не-лингвистична информация чрез работата на компютърна система в писмен текст на естествен език, подходящ за възприемане от човека. Робърт Дейл[1] дава следната дефиниция[2]:
“Компютърното генериране на текст е процес на целенасочено построяване на текст на естествен език, за да бъдат постигнати определени комуникационни цели.”
КГТ има приложен аспект с определена практическа стойност. Тъй като компютърните системи използват вътрешни представяния на информацията (бази-данни, счетоводна информация, бази-знания, данни от тестове за работата на машини и съоръжения и т.н.), то съществува необходимост от компютърни програми, които да представят такава информация или обобщения на най-важните й характеристики в разбираем вид за не-специалисти в конкретната област. Технологията за КГТ се използва за представяне на данните в текстов вид в подходящ и удобен за човека формат. Дефинирането на конкретната задача насочва прилагането на технологията за КГТ или към автоматично генериране без участието на човека или към полуавтоматично генериране с участие на потребителя.
От научно- изследователска гледна точка КГТ се определя като „задача интензивно

използваща знания" (a knowledge -intensive problem) тъй като изисква много ресурси и различни видове знания За КГТ са необходими знания за предметния свят описван в текстовете, знания за естествения език (лексика, граматика, семантика на съответния естествен език), стратегически реторически знания (как се постигат определени комуникационни цели, как се построяват различни видове текст, стил на текста) и т.н.

Модел на процеса за КГТ

Предложената от Джон Бейтман Абстрактна система за КГТ представена на Фигура 1, е резултат от анализ на голям брой приложни системи за КГТ от перспективата на обхвата езикови феномени, с които системите се занимават.



Фигура 1: Абстрактна система за КГТ

При КГТ не е установен общ, външно мотивиран източник на генерирането. Съществува консенсус, че „входът" трябва да бъде някакво семантично представяне. За различните системи решенията за „вход" са съвсем различни. Входните данни могат да бъдат, например, минимално структурирани числови данни, статистически рапорти, съдържанието на бази-данни. Разнообразни семантични представяния са били изпробвани през годините – логики от първи ред и свързаните с тях формализми [Basile and Bos, 2011], сценарии на Шанк (Schank's scripts) [Hovy, 1988], концептуални графи на Сова [Nogier and Zock, 1992], различни фреймови представяния, а напоследък и RDF-представянията типични за Семантичната мрежа.

С изхода на процеса на генериране ситуацията е сходна. Генерираните текстове са разнообразни: с голяма дължина или кратки, самостоятелни параграфи или единични изречения (напр. отговорите на запитвания към бази-данни), могат да са низове или да е приложено по-сложно текст-форматиране (пунктуация, оформяне на страници), могат да имат линейна структура, да бъдат част от диалог или да бъдат организирани като хипертекст. Текстовете могат да бъдат насочени към аудитории различаващи се по опит, знания, интереси или по когнитивно натоварване; може да се изисква изход на различни естествени езици и т.н. Систематично представяне на цялостната картина за входа и изхода на системите за генериране на текст все още не е предложено.

Техниките, които се използват за генериране на текст могат да бъдат съпоставени и оценени

спрямо изискваното езиково многообразие в изходните текстове. Колкото повече гъвкавост на текстовете е търсена, толкова по-общи лингвистични знания са необходими и е по-голяма мотивацията за обръщане към характерните техники на КГТ. Разглеждането на приложните системи от перспективата на обхвата обработвани езикови феномени позволява вариациите на изходните текстове да бъдат поставени в общ план, като се абстрахираме от реализационното ниво на системите.

Абстрактно описани задачите на КГТ имат две измерения на лингвистична спецификация: разслояване/ стратификация *(*stratification) и мета-функция (metafunction). Тези две измерения са извлечени от функционалния семиотичен подход на Системично-функционалната лингвистика: информацията може да бъде по-малко абстрактна или много абстрактна (стратификация с нива: регистър, семантика, лексико-граматика, графология/фонология), а също така информацията може да се отнася за различни смислови видове (мета-функции: пропозиционална, интер-персонална или текстова). Така се очертава представата за същността на генерирането на текст и се определят присъщите му задачи:

1) селектиране и интерпретиране на съдържанието,
2) планиране на текста,
3) лексико-граматическа реализация на текста.

За реализиране на КГТ трябва да бъдат направени съвместими избори пропозиционално, интерперсонално и текстово, за да се конструират последователности от семантични спецификации, които поддържат текстовата семантика и я изразяват в граматически конструкти. Без значение как е реализирана една система за КГТ, тези абстрактни задачи са същностни за генерирането. Ако някаква част от поставените от задачите проблеми не са решени, то гъвкавостта на системата за КГТ е ограничена по отношение на текстовото разнообразие.

На Абстрактната система за КГТ (Фигура 1) можем да погледнем и като на приложен модел на процеса на КГТ. Входът за процеса на КГТ е наречен *информация за приложението* и е отбелязан в горния ляв ъгъл на изображението на Абстрактната генерираща система. Можем да приемем текст-планировчика и лексико-граматиката като отделни модули. След селектиране на съдържанието текст-планировчикът разполага със целево ориентирани техники конструиращи последователности от не-строги семантични спецификации с размерите на изречение. Лексико-граматиката преработва такива сравнително абстрактни спецификации в не толкова абстрактни граматически конфигурации и свързан с тях лексически материал. На изхода имаме последователност от граматически спецификации превърната в текст съставен от символите на дадения естествен език.

Взаимодействието между компонентите е показано със стрелки в двете посоки, въпреки че в много приложни архитектури не е поддържана такава двупосочност. Много разлики между подходите за КГТ се дължат на гъвкавостта, която те придават на съпоставянето на представянията във вътрешните нива. Отделни листа на текстовата структура в някои системи се съпоставят на отделна семантична спецификация, а другаде- на последователност от семантични спецификации. По същия начин, отделни семантични спецификации могат да съответстват на последователности от лексико-граматически спецификации, но на практика най-често са реализирани прости връзки и съответствия.

За целите на настоящата дисертация моделът на Абстрактната генерираща система показан на Фигура 1 е използван като основа за изследване на различните нива на лингвистична абстракция на текстове- инструкции на български език. Основната мотивация на изследването е на практика да бъде реализирано генериране на текстове на български език, като се създадат нужните за това ресурси. Настоящият обзор е насочен към преглед на прилаганите техники за решаване на задачите на КГТ поставени от лингвистичната природа на изходния продукт – текстът като такъв.

Техники за селектиране и интерпретиране на съдържание

Селектиране на съдържанието е вземането на решение коя част от информацията да се включи в подготвяния текст и коя- да се пропусне. Това е сложна задача зависеща от много фактори като представата какво желае да знае целевата аудитория или степента на детайлизиране на текста изисквано от аудиторията. Тези фактори могат да бъдат групирани в три области:

1. Общи свойства на предвижданото взаимодействие потребител - система за КГТ: какви потребители се имат предвид, каква е темата на интеракцията по същество и т.н.
2. Специфични за интеракцията с потребителя ситуации, които възникват по време на генерирането, например, някоя конкретна част от текста трябва да бъде обяснена или разширен. Ако потребителят е поставен в конкретна експертна аудиторна група, той ще има нужда от по-малко обяснения за термините в текста.
3. Конкретните текстове се приспособяват към естествените очаквания на потребителя, за да бъдат разпознати. В лингвистиката това се нарича жанр или тип на текста. Например, текст- прогноза за времето има разпознаваеми лингвистични характеристики, които го отличават от текст- техническо ръководство или текст от речник.

Представянето и използването на знания за типа на текста обикновено се прави чрез явно задаване на макроструктура на текста. Това се дължи на факта, че конкретни типове текст имат често срещани конкретни структури, към които трябва да се придържа и системата за генериране. Това създава полезна организационна схема за процеса на КГТ.

Изключително важно за селектиране на съдържанието е това, че конкретни части от макро-структурата на текста изискват изразяването на определен тип информация. Характерни структури от този вид са въведени в КГТ като схеми на текста [McKeown, 1985] и играят важна роля при структурирането на текстове в много от системите за КГТ. Този традиционен начин за определяне на съдържанието със шаблони на базата на правила прилага парадигмата на т.н. „затворено планиране", както например в [Duboue and McKeown, 2003]. Парадигмата на „отворено планиране" е приложена, както например в [Dai et.al., 2010], когато входните данни имат мрежово представяне в граф и съществено се използва топологията на графа за "информирано търсене" на релевантни възли.

Интерпретиране на съдържанието. Най-простият подход към интерпретиране на съдържанието е да се създадат таблици съпоставящи понятията от приложната област и лингвистичните ресурси на генератора

Ако адаптираното лингвистично представяне е достатъчно абстрактно, то е осигурена и възможност за гъвкава реализация. Проблематично е специфичното за приложната област кодиране на информацията. Една техника намерила широко приложение е ограничаването на възможните съпоставяния между термините от приложната област и тези от КГТ само до релацията наречена логическо включване (logical subsumption). Това се осигурява, когато всеки конкретен екземпляр на факт, състояние, ситуация и т.н., които се срещат в приложението могат да бъдат класифицирани в термините на йерархия от общи понятия и релации, които имат систематично поведение по отношение на възможната за тях лингвистична реализация.

Пример за цялостна висша йерархия с търсените качества представлява онтологията описана в [Bateman et.al, 1990] и наречена Висш модел (The Upper Model), която е извлечена от системично-функционалната парадигма за естествения език [Halliday, 1994]. Висшият модел е всъщност изчислителен ресурс за представяне на знания специално разработен за

компютърно генериране на текст. Абстрактната организация на знанията е лингвистично мотивирана, за да бъде ограничена лингвистичната реализация при генерирането [Bateman, 1990]. Висшият модел е проектиран така, че да бъде преносим, пре-използваем и външен за лексико-граматиката. Той може да бъде считан за вътрешна връзка между специфична за приложната област информация и лингвистичното граматическо ядро на една система за КГТ. Еволюцията на Обобщения модел (Generalized Upper Model) продължава в посока детайлизиране на някои от под-йерархиите [Bateman et.al., 2010] или превеждане на онтологията на онтологичния език на Семантичната мрежа OWL. Обобщеният модел тепърва привлича интереса на изследователите занимаващи се с генериране от данни на Семантичната мрежа, като в [Bouayad-Agha et.al., 2012] се твърди, че той е най-обещаващата многоезикова лингвистично ориентирана онтология поддържаща процеса на текст-генериране.

Обобщеният модел е основната онтология от високо ниво на средата за многоезиково генериране KPML [Bateman, 1997]. Направени са анализи за адекватността на онтологията и към други езици като напр. арабски [Al-Muhtaseb and Mellish, 1997], както и частични анализи от прагматични съображения при генериране на текст в средата KPML. В [Kruijff et.al, 2000] се докладва за реализираното по проекта AGILE многоезиково генериране на текстове- инструкции на руски, български и чешки в средата KPML извършено със съществено прилагане на Обобщения модел за тези езици.

Техники за планиране на текста

Задачата за планиране на текста представлява организиране на избраното съдържание в подходящи текстови структури, които да бъдат трансформирани в кохерентен текст. Прилаганите подходи към тази задача се различават много по гъвкавост и изчислителна сложност.

Най-простият подход към организацията на текста като цяло са фиксираните структури или шаблоните. Почти всяка текстова структура може да бъде замразена. При генериране с шаблони се жертва огромна част от гъвкавостта на текста, но не всички приложения за КГТ имат нужда от голяма гъвкавост. Замразяването на различни аспекти от цялостния процес на КГТ съответства точно на основните свойства на самия език, тъй като при съставянето на текстове хората понякога използват наготово определени набори от направени лингвистични избори, вместо винаги да правят тези избори „на живо". Това може да варира от изречения-формули и цели текстове, през различни степени на идиоматичност (на синтаксиса, на начина за структуриране на аргументи, на използваните семантични конфигурации и т.н.). Затова структуриращите шаблони могат да бъдат разглеждани като частично замръзнали резултати от текст-планирането.

Разработки, които могат да ограничат своите основни описания и да компилират полезни шаблони са обещаващи за спестяване на време и труд. Шаблонната структура може да бъде използвана за текстове, които демонстрират стереотипни конструкции. Сравнително гъвкав тип текстови шаблони са предложени от [McKeown, 1985] и представени в термините на мрежи на преходите (transition networks). Този подход се е превърнал в една от най-разпространените техники за организиране на текст въпреки явните си ограничения.

Създаване на текстови конструкции с по-голяма гъвкавост е възможно чрез прилагане на Теорията за реторичната структура (TPC) [Mann and Thompson, 1988], която предлага общо описание на релациите съществуващи между текстови сегменти като показва дали тези релации са граматически или лексикално сигнализирани. Текстовете анализирани чрез TPC са йерархично декомпозирани на вложени множества от свързани текстови елементи (spans). Теорията за реторичната структура дефинира около 25 релации, които важат между текстовите елементи. Дефинициите на Теорията на реторичната структура поставят

изискването да се поддържа връзка със смисъла, който трябва да носи даден елемент на кохерентния текст. Има също ограничения върху комуникационния ефект постигнат чрез комбинираното множество от текстови елементи. Конструирането на дискурсна структура на базата на TPC има доказан ефект при поддържане на селекции от свързващи форми и текстови съюзи.

TPC има своето компютърно представяне [Moore and Paris, 1988] и е използвана в много системи за КГТ. Обикновено TPC се прилага за генерирането на текст чрез представяне на реторичните релации като тип комуникационни цели и прилагане на стандартни за изкуствения интелект планиращи стратегии, за да се продуцират текстови структури.

Техники за лексико-граматически реализации

Шаблони. Най-простият метод за конструиране на изречения представляват параметризираните шаблони. Заради простотата си шаблонното генериране е прилагано в някои практически ориентирани системи за КГТ. Вече усложнена тази техника смесва текстови фрагменти – резултат от пълно генериране с предварително заложени шаблони, като по този начин и двата метода имат място в една и съща система за КГТ.

Реализации с граматики. Гръбнака на граматиките са приложните граматически конструкции. С увеличаването им в пространството на търсене се увеличават и възможните граматически реализации. Решаваща роля имат решения, които предлагат подходяща навигация за това пространство на търсене. Различните видове граматически описания могат да доведат до различни възможности за претърсване на пространството.

Структурната граматика е по същество организирана около описания на фразовата структура. Тя обикновено е претърсвана за приложими правила ограничени от семантиката, която трябва да бъде реализира. Най-солидната стратегия тук е алгоритъмът за семантично генериране управлявано от опорния елемент (semantic head-driven generation) [Shieber et.al, 1990]. Този алгоритъм генерира стрингове от логически форми за сравнително широк клас граматически формализми.

Техниката работи по същество следвайки последователности от граматически правила свързани чрез техните синтактични главни или опорни елементи (heads), които споделят обща семантика, за да достигнат до приложими лексикални елементи. Ако не са намерени такива правила или последователността стигне до края, се избира някое правило, което декомпозира семантиката недетерминистично. В случай, че се стигне до лексикални елементи, алгоритъмът работи обратно „нагоре" по дървовидната структура като налага ограниченията намерени в лексикона.

Приема се, че елементите на лексиката предлагат най-богатия източник на ограничения за синтактичната структура и затова те са търсени първи, за да се избегне построяването на неприложими структури. Въпреки елегантността и формалната спецификация на алгоритъма той не е използван извън формалното теоретично генериране на изречения. Остават много отворени въпроси по отношение на работата му с големи лексико-граматики със съществени не-пропозиционални семантични изисквания. Недетерминизмът на алгоритъма също е критикуван в средите на КГТ като неподходящо свойство при реално генериране.

Алтернативата наречена *обработка направлявана от съобщението* (message-directed processing) [McDonald, 1983] е предпочетена за построяване на лексико-граматическия ресурс MUMBLE за английски език. Тук детерминистичната и инкрементална конструкция на фразата се контролира директно от входните спецификации. Тези входни спецификации изискват конкретни синтактични фрагменти на дървовидната структура изразени чрез Tree Adjoining Grammars: [Joshi, 1987]. Такъв вход експлицитно идентифицира конкретните граматически конструкции, които трябва да бъдат селектирани за резултатното изречение.

В подобен стил са входните спецификации за повърхностния генератор RealPro [Lavoie and Rambow, 1997]. Входът му представлява представяне, което е синтактична структура на зависимостите (syntactic dependency structure), генераторът я попълва, за да я превърне в напълно определено изречение. Тази техника е повлияна от многослойния Модел на смисъла на текста разработен от Мелчук и колеги. Генераторът RealPro не наследява по-дълбоките и по-абстрактни лингвистични нива предложени от Мелчук, но като следствие е много бърз.

Контрастираща алтернатива, наречена контрол направляван от граматиката, се предлага от Penman [Mann, 1983] и неговия наследник KPML [Bateman, 1997], които са генератори за системично-функционални граматики. Системичните граматики организират своето пространство на търсене около възможни комуникационни цели, а не около граматически структури. Фрагменти на структурите са локализирани в това пространство на характеристики и сами по себе си имат много ограничен статут. Това е изключително ефективно за нуждите на КГТ.

КГТ изисква описания на причините защо да се използват дадени структури (синтактични, текстови и т.н.), а не само формални описания на използваните структури. Това е естествена територия за функционалната лингвистика, която оказва далеч по-голямо влияние върху широкоспектърните системи за КГТ, отколкото върху анализа на естествен език, където са норма структурните подходи към синтаксиса. Системично- функционалните граматики, с теоретична основа изложена в [Halliday, 1994], се фокусират точно върху прекодиране на връзките във функционална форма и, следователно, са насочени към директен интерфейс между по-високите нива на организация на текста (планиращите процеси) и граматическия компонент. Традиционно в тези граматики се обръща повече внимание на не-пропозиционалните (текстовите и интерперсонални) аспекти на смисъла [Matthiessen and Bateman, 1991].

Практическа възможност за разработване на приложни системично-функционални граматики дава Средата за многоезиково генериране KPML [Bateman, 1997]. Тя предлага стабилна платформа за работа с широкообхватни граматики и е специално ориентирана към многоезиковото генериране на текст. Основна идея за създаването на Средата KPML е да се предложат ресурси за реалистично, но същевременно широкообхватно генериране, при което се търси както гъвкавост на изходните текстове, така и бързина при генерирането.

Алгоритъмът за генериране в Средата KPML се състои от преходи през пространство на характеристики на генерирания елемент, като преходите са последователни и с нарастваща специфичност. Всеки такъв преход създава множество ограничения определящи един структурен фрагмент. Този фрагмент може да включва граматически конституенти, които да изискват по-нататъшни преходи, за да се специфицират. Макар много прост, алгоритъмът има предимството, че е доста бърз дори за големи граматики като NIGEL за английски език, граматиката KOMET за немски език [Teich, 1999] или AGILE -граматиките за български, руски и чешки [Bateman et.al., 2000]. В алгоритъма няма връщане назад (backtracking).

Формализмът за функционално унифициране (Functional Unification Formalism, FUF) [El-hadad, 1990] предлага по-мощно трасиране на пространството от системични характеристики чрез използване на не-детерминистична експанзия с унификация. Не-детерминизмът е направен по-ефективен чрез няколко допълнителни механизма за направляване процеса на унификация [Elhadad and Robin, 1992]. Граматиката за английски език SURGE (Systemic Unification Realization Grammar for English) има много голямо покритие и е създадена за прилагане на FUF.

Процесът на генериране с FUF се състои от унифициране на такъв вход с подобни на него дефиниции от граматиката. Входните данни направляват процеса на унификация, за да се намерят тези части от граматиката, с които те са съпоставими и да се специфицира нататък структурата в зависимост от ограниченията поставени от граматиката. Подходът с

унификация неутрализира до известна степен разделението между контрол направляван от граматиката и контрол направляван от съобщението, доколкото избираният път при унификацията е чувствителен и към двата източника на контрол.

В заключение можем да отбележим, че експерименти за КГТ на най- много различни естествени езици са правени в Средата за многоезиково генериране KPML. Това се дължи на характерния системично- функционален стил при анализа на естественя език улесняващ и насърчаващ аналогиите и паралелните изводи като се спазва посоката от най-общите семантични дефиниции към спецификацията на по-фини нюанси изразявани в конкретния естествен език. Този стил на теоретично и особено на реализационно ниво подпомага преизползването на базови семантични конструкции и улеснява построяването на лексико-граматики за различните естествени езици. В средата за многоезиково генериране KPML са построени лексико-граматически ресурси за английски, немски, холандски, китайски, испански, руски и други от естествените езици. На базата на този изследователски опит е изграден и ресурсът за генериране на български език Приложна българска системично-функционална граматика.

Семантични технологии и ресурси при КГТ

Семантичните технологии атакуват проблема формулиран като “липса на семантика при изпълняване на компютърните програми от машините”. Компютрите „не разбират”, „нямат понятие” за смисъла на елементите, с които оперират. Хипотезата, върху която се градят семантичните технологии в компютърната наука е предположението, че компютрите ще демонстрират „по-интелигентно поведение” ако са снабдени с явни, формални описания, въвеждащи семантично ниво на оперативните единици.

Според популярната дефиниция в [Polikoff and Allemang, 2003] семантичните технологии са такива софтуерни технологии, които позволяват смисълът на информацията и асоциациите между информационни единици да бъдат достъпни за обработка по време на изпълнение на програмата. Като под-област на Обработването на естествен език, компютърното генериране на текст е повлияно от семантичните технологии в областта, а те са: извличане на информация от текст, представяне на знания и онтологични конструкции, извличане на знания.

Важна за настоящата дисертация е технологията на семантично анотиране. Според дефиницията в [Erdmann et.al, 2000], при семантичното анотиране на текстове на естествен език към текстовете се прикачат метаданни, които трябва да направят семантиката на термините в текста „разбираема” за машините. При този процес, който е по принцип полуавтоматичен, се извличат знания, в смисъл, че между лексически термини от текста и, например, онтологични понятия се установява връзка. Така се придобиват знания, чиито смисъл е бил търсен в обработвания контекст.

При подхода за семантично анотиране на текст предложен в [Simov and Osenova, 2007] и доразработен в [Simov and Osenova, 2008] към семантичното анотиране се подхожда в перспектива от онтологията към текста, оттам и наименованието му „Релация: От онтология към текст”. При него се използват лексикони, основани на онтология (Ontology-Based Lexicons).

Основната идея на метода е специално разработени ресурси, терминологичен лексикон и анотационна граматика, да се използват в съчетание при разпознаването на срещания на онтологичните понятия в текст. Дефинираната задача никак не е тривиална, тъй като (1) не всички онтологични понятия задължително имат лексикализация, (2) онтологичните понятия не винаги се срещат в текстовете във вида, в който са лексикализирани в онтологията от експерти или специалисти в предметната област и (3) едни и същи онтологични понятия могат да бъдат изразени в естествено-езиков текст по множество различни начини и

представени по смисъл със свободни фрази.
Терминологичният лексикон е множество от лексикални еквиваленти на понятията от дадена онтология. Той изпълнява двустранна роля. Първо, лексиконът свързва понятията на онтологията с лексическото знание, използвано от граматиката за разпознаване на ролята на понятието като езиков елемент на текста. Второ, лексиконът представлява основа за създаване на удобен интерфейс между потребителя и онтологията, който позволява онтологията да бъде представена по естествен за потребителя начин.
Анотационната граматика е средство за разпознаване на онтологични термини в целевите текстове. В идеалния случай тя представлява разширение на една обща дълбочинна граматика за даден език, адаптирана към конкретната анотационна задача. Като минимум анотационната граматика представлява частична граматика за анотиране на понятията с добавени правила за разрешаване на многозначност. Частичната граматика съдържа за всеки термин от лексикона най-малко едно граматическо правило за разпознаване на понятието. За да работи анотационната граматика е необходима предварителна обработка на текста, т.е. анотирането му с граматически характеристики и лематизация. Настройването на граматиката може да се счита за втори етап на обучение при прилагане на подхода „Релация: От онтология към текст".
В сравнение с класическия метод за семантично анотиране при следване на релацията „От онтология към текст" се използват съществено онтологии като ресурс за съставяне и обогатяване на терминологичния лексикон, което е много удачно при работа с текстове класифицирани тематично в определена област на знанието. КГТ изисква представяне на знанията в тематичната област на бъдещите текстове, затова семантично анотиране с метода „От онтология към текст" е подходяща подготвителна дейност за генерирането. Ползата от пре-използване на семантично анотирани текстове би била по-голяма, както за настройване на процеса на КГТ, така и за оценяването му.
Можем да направим извода, че семантичните технологии като цяло реализират алгоритми и решения, които дават семантична структура на информацията, за да се ползва тя и от хората и от компютрите. Това е интересна перспектива по отношение на Компютърното генериране на текст, като се има предвид важността на семантичните представяния за процеса на КГТ. Семантичното анотиране на текст е полезно при предварителните обработки на големи обеми от текстова информация и може да послужат за подготовка на ресурси за КГТ.

Изводи

От направения обзор е видно, че компютърното генериране на текст е област със специфична теоретична платформа и полезни прагматични реализации, област, която тепърва предстои да разгърне потенциала си. От една страна за КГТ са важни солидните теоретични изследвания свързани с лингвистичната същност на изходния продукт- текстът на естествен език, от друга страна своите аргументи има и едно по-технократско отношение към КГТ, което въвлича по специфичен начин някои от съвременните семантични технологии. Безспорно е, че и двата подхода изискват солидни лингвистични ресурси представени в една или друга форма според избрания метод за генериране. Без такова представяне на лингвистични знания, което по същество са лингвистичните ресурси, не може да съществува компютърно генериране на текст.
Най-богати и детайлизирани са наличните лингвистичните ресурси, чрез които се продуцират текстове на английски език и все още КГТ на друг естествен език е сериозно изследователско предизвикателство. Поради това основна идея на настоящата дисертация е изследването как българският език може да бъде обект на анализ и моделиране, за да се създаде лингвистичен ресурс за КГТ на български език.

Паралелното изследване на няколко естествени езика през призмата на дадена теоретична парадигма, както и подпомагането при паралелно създаване на приложни лингвистични ресурси е изключително полезно. На базата на един съществуващ солиден линвистичен ресурс повторението на процедурата по анализ и формализиране на езиковите феномени е значително улеснена. Това дава възможност за обръщане на специално внимание на разликите в естествените езикови системи и фина настройка на специфичните явления за всеки добавен език.

За настоящата дисертация като теоретична основа на КГТ на български език е избрана парадигмата на Системично-функционалната лингвистика, тъй като тя е една от основните най-успешни постановки за КГТ. Системично-функционалната лингвистика предлага изключителни възможности за паралели при системично-функционалните описания на различни естествени езици, по-бърза и по-ефективна формализация и реализация на лингвистични знания при създаване на система за КГТ за новоразглеждан език. Специфичното при системично- функционалния възглед за КГТ е организирането на целия процес на генериране около комуникационните цели, а не около граматическите структури на конкретния естествен език. На това се базира идеята за изграждане пространство на търсене от системични мрежи за генериране на български език, което представлява ресурс наречен Приложна системично-функционалната граматика за български език. За реализиране на граматиката е необходимо моделиране на някои основни лингвистични феномени на българския език по отношение на Системично-функционалната лингвистика. На базата на теорията на [Halliday, 1994] системично- функционалните граматики са фокусирани върху кодиране на семантичните връзки в текста във функционална форма и са насочени към директни съответствия между по-високите нива на организация на текста, т.е. планиращите процеси, и граматическия компонент. Това е предпоставка за научноприложно изследване за генериране на няколко типа текстове- технически инструкции на български език. Достъпът до Средата за многоезиково генериране KPML подпомага работата по създаване, тестване и настройки на приложни системично- функционални граматики на различни естествени езици.

Както става ясно от направения обзор на областта, компютърното генериране на текст не може да бъде реализирано без семантични ресурси. Естествено за КГТ е използването на онтологии за предметната област на генерирането, а също и висши онтологични модели за лингвистичните знания, така че онтологичното инженерство е до голяма степен свързано с КГТ. Семантичното анотиране на текстове на естествен език има приложение в КГТ като практически значима подпомагаща дейност. Семантичното анотиране представлява интерес особено за естествени езици различни от английски поради по-малкия брой изследвания и работещи реализации. Поради това изследователски интерес в настоящата дисертация представляват представянето на знания в онтологични модели и семантичното анотиране на специализирани текстове на български език.

2.Подготовка на лексико-граматически ресурс за компютърно генериране на български текстове

Интерес към компютърното генериране на български език са проявявали изследователи от областта на компютърната лингвистика още от времето на първите по-сериозни приложни опити в обработването на естествен език. Идеята на Руслан Митков за генерираща система [Mitkov, 1990] е свързана с генериране на описания на основните геометрични термини на български език. По отношение на моделирането на българския език, особено през последните години има интересни разработки свързани с машинния превод, например

[Ranta, Angelov, Hallgren, 2010]. Съществува опит в генерирането на изречения на български език от концептуални графи [Bontcheva and Angelova, 1996]. Генериране на текстове на български език, при това като един от естествените езици в паралелно многоезиково генериране, е реализирано по проекта AGILE (1998-2001), което е обсъдено подробно в дисертационния труд.

2.1. Моделиране на някои езикови явления в термините на Системично-функционалната граматика

За да се генерира автоматично отделно изречение на даден език е достатъчно генераторът да разполага само с нужната лексическа и граматическа информация за реализираните езиковите явления в това изречение. По тази логика е определен неголям корпус от целеви текстове по отношение на генерирането, за да се изследват специфичните езикови явления проявени конкретно в избрания тип текстове, а също да се фиксира нужният лексически материал за генериране в избраната област- инструкции за CAD/CAM софтуер.

Текстовият корпус съдържа за българската си част 9 процедури, 194 изречения (клаузи), 1219 думи. Извършен е детайлен анализ на текстовия корпус в три стъпки:

Първо, определяне на граматическите конструкции използвани в процедурите.

Второ, проучване на начините за описване на езиковите явления в термините на Системично-функционалната лингвистика.

Трето, разработване на формални спецификации за основните граматически функции.

Разполагайки с дадения обем моделирани езикови явления работата нататък е организирана в посока създаване на принципно построено множество от ресурси за описание на една цялостна граматика, като това множество представлява детайлизация, работеща в избраната предметна област.

Системично-функционалната граматика като системична мрежа дава възможност да се определят регионите, в който се сглобяват типичните конструкции на предметната област и в същото време да се моделират така, че да бъдат пре-използваеми за всеки друг процес на генериране, тъй като отразяват принципен граматически модел. Да се развиват, обаче, изчерпателно всички клонове на достигнатите граматически системи е подход, който отнема много време и затова в рамките на проекта AGILE не се цели построяване на цялостни приложни граматики. Това е причината предложеното тук моделиране на езиковите явления да е частично, но обхващащо всички регистрирани в текстовия корпус явления, за да бъде възможно автоматичното генериране на текст на български език.

В [Стайкова и Пенчев, 2000] е направена първата малка стъпка за въвеждане на терминологията за системично-функционален анализ на български език, но тук ще се придържаме към утвърдената английска терминология за описване на езиковите явления като системични мрежи. Теорията на системичните мрежи представя естествения език като ресурс за създаване на смисъл. Всяка система в системичната мрежа дава избор да се изрази един или друг смисъл на разглеждания в системата аспект. Системата се състои от (1) входно условие, което показва къде се прави избора, (2) множество от възможни изходи, и (3) реализации, които показват какви са структурните следствия в езика за всеки от възможните изходи на системата. Като пример за записване на система по-долу имаме системата-вход към дадена граматиката, която определя какъв по ранг е описваният езиков елемент.

```
RANK:
(start)
        [clauses],
        [groups-phrases],
```

[words] (+Stem) (Stem:Morphems),
[morphems] (+Head).

Ниво изречение
Съставени са системични мрежи след анализ на следните явления в българския език и в частност в текстовия корпус::
Определени са типовете процеси в текстовия корпус
Ключови системи:

PROCESS-TYPE:
(transitivity-unit)
[material] (Process::do-verb), [mental]
(Process::experience-verb), [verbal]
(Process::symbolic-verb), [relational]
(Process::relational-verb).

AGENCY:
(transitivity-unit)
[middle] (Process::middle-verb),
[effective] (Process::effective-verb).

Обстоятелства на процесите
Ключова система е TYPE-OF-CIRCUMSTANCE. Примерите за обстоятелства от текстовия корпус са най-често в материални процеси, към които е асоциирано обстоятелствено пояснение за място. Отбелязани са също срещания на изрази за релацията част-цяло (*крайна точка на дъгата*) и на изрази за релацията за съотнасяне (*Въведете ъгъл спрямо допирателната.*)

Диатезност
Според системично-функционалния анализ ядро на функционално-семантичното поле Диатезност (Diathesis) е категорията залог. Залогът може да бъде описан като връзка между транзитивните функции изразени чрез ролите на участниците в процеса и функциите за деятелността в процеса: Агент/Agent и Медиум/Medium [Halliday, 1994, стр.161].
Освен чрез морфологичната категория за залог пасивност може да бъде изразена и чрез "средна конструкция":

Точката	*се задава*	*от потребителя.*
Цел/Goal	Процес:материален	Агент/Agent
Медиум/Medium	Финитив	Актор/Actor
Подлог/Subject	Залог: страдателен	

Модалност
Модалността има най-характерно проявление на нивото на изречението в императивното или индикативно наклонение на глагола. В текстовия корпус броят на императивните и на индикативните изречения е почти изравнен заради стила на текстовете-инструкции, които го съставляват. В други текстове императивното наклонение на глаголите не би било толкова застъпено. Използвана е само учтивата заповедна форма на глагола, 2-ро лице, мн. число. В корпуса няма въпросителни изречения, нито реализации на условно наклонение.
Ключовата система е наречена MOOD-TYPE. Чрез нея изреченията се разделят на

индикативни/ indicative и императивни/ imperative.
MOOD-TYPE: (independent-
clause-simplex)
[indicative],
[imperative] (+Finite).
Анализирани са характериатики на индикативните и на императивните изречения.

Темпоралност
В съвременното езикознание се приема, че българският език притежава девет глаголни времена: сегашно, минало свършено, минало несвършено, минало неопределено, минало предварително, бъдеще, бъдеще в миналото, бъдеще предварително и бъдеще предварително в миналото [Бояджиев, Куцаров, Пенчев, 1999г.]. От тях само две се срещат в изследвания текстов корпус- сегашно време и минало неопределено. Срещанията на сегашно време са най-многобройни. Ключова система:

TENSE-SYSTEM:
(clause-simplex)
[past],
[future],
[present] (Finite:::present-form).

Завършеност на процеса
Видът на глагола е лексикално- граматична категория характерна за славянските езици, в това число и за българския език. Приема се, че видът на глагола е лексикално-граматична характеристика [Бояджиев, Куцаров, Пенчев, 1999]. В Системично-функционалната теория видът на глагола е функция на Предикатора.
По отношение на използването на различни по вид глаголи в изследвания корпус може да се каже, че както несвършения вид, така и свършения вид се наблюдават в разглежданите текстове. Вида на глагола не се влияе от преобладаващото използване на повелително наклонение.
ASPECT е наименование на новата система за моделиране на тази характеристика и се отнася към Предикатора, следователно, трябва да бъде добавена на нивото на изречението:
ASPECT: (clause-simplex)
[perfective] (Process::perfective-verb)
[imperfective] (Process::imperfective-
verb)

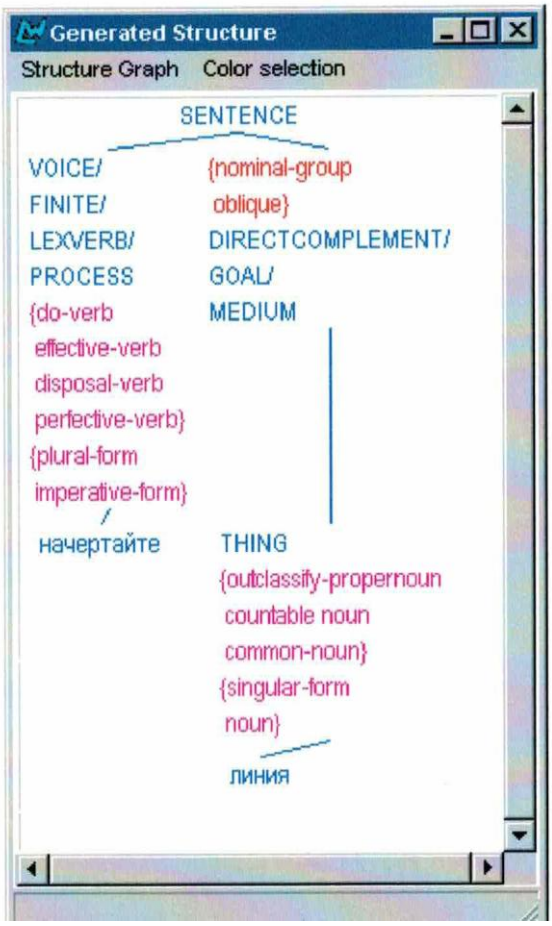
Ниво сложно изречение
В системично-функционалната граматика на Халидей се поддържа представата, че на сложното изречение/ clause complex може да се гледа като на комплекс от изречения, точно както групата може да бъде възприемана като „комплекс от думи“. Сложността в организацията на сложните изречения произтича от различните начини, по които простите изречения могат да бъдат свързвани.
Различават се две измерения, за да се предложат по-детайлни описания за това как точно простите изречения модифицират главното изречение. Първото измерение се занимава със системата на взаимозависимост, дали е паратактична (съчинение) или хипотактична (подчинение). Другото измерение е логико-семантично и се занимава с експанзията и проекцията. Те са разгледани подробно в дисертацията като се подчертава идеята, че

сложните изречения възникват като резултат от взаимодействието на двете измерения.
Сложните изречения от корпуса с текстове-инструкции са анализирани и са обсъдени системите изграждащи системична мрежа за моделиране на сложни изречения според особеностите на българския език. Заради семантичната абстракция при свързване на прости изречения в паратактични или хипотактични комплекси, както и боравейки с логико-семантичното измерение, се твърди, че при съставянето на целевите сложни изречения в избрания контекст на текстове-инструкции няма специални случаи за езиковата система на българския език. Направен е изводът, че бихме могли до голяма степен да се възползваме и за българския език от разработената в СФГ теоретична системично-функционална мрежа.

2.2. Лексико-граматически ресурс за генериране на български текстове: Приложна българска системично-функционална граматика

Приложната българска системично-функционална граматика е ресурс за генериране на български текстове създаден в средата за многоезиково генериране KPML като резултат от работата по проекта AGILE. В средата KPML при създаване на нови граматики се насърчава подход на сравнителен анализ с приложната английска граматика NIGEL или с подходящи приложни ресурси за други езици, например, немски или френски.
Изключително полезно се оказа сътрудничеството при сравнителния анализ на трите славянски езика- руски, български и чешки. Цел на изследователската работа е създаването на ресурси за трите славянски езика, които да бъдат пре-използваеми за генериране в различни предметни области. Изчерпателният анализ за всички възможни изходи на системичната мрежа отнема много време и труд, така че в рамките на проекта приложният резултат засяга основно идентифицираните функционални полета при анализа на конкретния текстов корпус. Този подход предлага възможност във всеки момент приложният ресурс да бъде детайлизиран и обогатен с нови възможности за генериране.
Преди проекта AGILE не са известни генериращи системи, които да предлагат пре-използване на ресурсите за генериране в нови приложни области, така че приложеният подход към създаване на граматиките е от полза за цялата общност. Приложната българска системично-функционална граматика е достъпна в Банката по генериране поддържана за средата за многоезиково генериране KPML. Ресурсът притежава представително множество от генерирани примери, които дават представа за функционално-системичните полета, които са разработени.
Като изчислителен ресурс една приложна граматика в средата KPML представлява системична мрежа организирана в полета (regions) от свързани системи, като полетата са условно разделени и системите в едно поле имат отношение към едно и също граматическо явление. Начало на системичната мрежа е системата Ранг, в която се правят първите избори за подадения като вход семантичен израз.
Изборите се направляват от входните данни и от логиката за правене на автоматични избори, която се реализира чрез избирателите /choosers. Всяка система има свой избирател който насочва процеса на генериране през някой от изходите на системата. Понякога избирателите се нуждаят от специфична или динамична информация, за да направят избор и ползват свои проучватели/ inquiry, за доставяне на такава информация за текущия процес.
Генерирането се инициира и направлява от системичните характеристики на очаквания генериран текст, зададени във входно описание –израз на езика за планиране на изречения Sentence Planning Language. Всички термини, които присъстват във входните изрази са дефинирани или в онтологията от високо ниво Обобщен модел (GUM) или в предметната онтология за конкретната приложна област.
В настоящия раздел от дисертацията са показани системи и избиратели от Приложната

българска системично-функционална граматика за някои от специфичните езикови явления разгледани в раздел 2.1. Чрез различни примери е демонстрирано генерирането на изречения съдържащи разнообразни езикови явления, чието моделиране е показано в предходния раздел. Описаните модели са приложени в граматиката и тя ги обработва адекватно. Това включва генериране с деятелен и страдателен залог, със свършен и несвършен вид на глагола, с императивно и индикативно наклонение, номинализация на глаголната група, членуване, съгласуване на елементите в групата на съществителното по род и число. Накрая са показани синтактичните конструкции на генерирани сложни изречения.



Фигура 2 Генерирана структура за „Начертайте линия.“

Типове процеси. Транзитивност и диатезност (залог)

В дисертацията е показано формалното програмно представяне на системата и избирателя за тип на процес, от които започва спецификацията в граматическото поле транзитивност, и по-точно транзитивност на не-релационни процеси (nonrelationaltranzitivity).

Примерите за генериране на изречение с ефективен материален процес са най-често срещани в целевия корпус. С дадения по-долу SPL за изречението „Начертайте линия.“ се генерира синтактичната структура показана на Фигура 2, където като характеристики на процеса присъстват do-verb и effective -verb. Първата характеристика е резултат от преминаване на процеса на генериране през изхода MATERIAL на системата PROCESS-TYPE (Тип на процес), чието аналитично представяне е показано в предходния раздел.

```
(S/ DM::DRAW
:SPEECHACT  IMPERATIVE
:ACTOR          (HEARER / DM::USER   :IDENTIFIABILITY-Q     IDENTIFIABLE))
```

За изречението „Начертайте линията.“ Избирателят е насочил процеса на генериране към изхода EFFECTIVE на системата AGENCY. Със следващия SPL се демонстрира преминаване на процеса на генериране през алтернативния изход: MIDDLE. Това е нужно, когато се реализират средни процеси, какъвто е случая с процеса появявам-се /appear, например в изречението „Линията се появява.“

(S / DM::APPEAR :ACTOR (L / DM::LINE :IDENTIFIABILITY-Q IDENTIFIABLE))

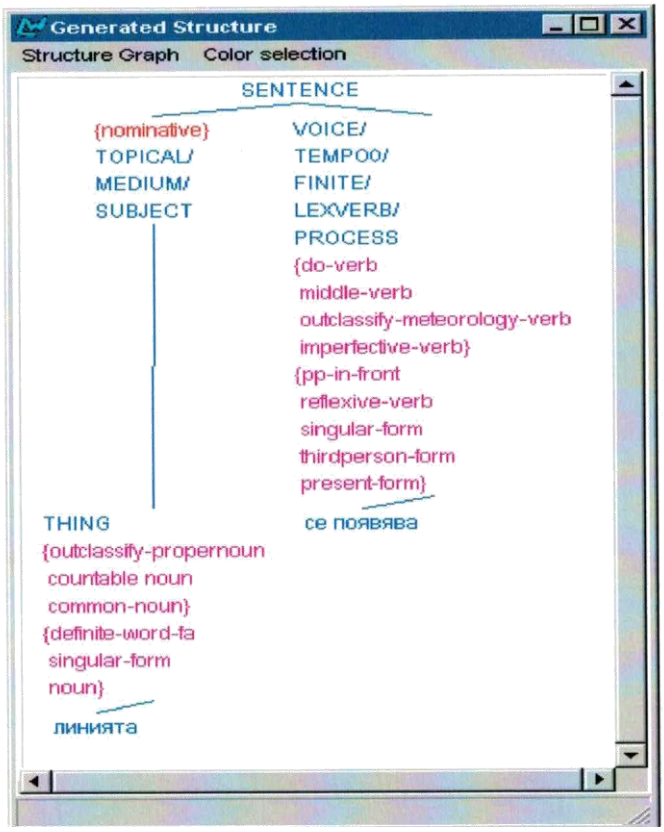
По този начин е проследен пътят на процеса на генериране в системичната мрежа на ресурса с такива входни SPL-и, които отразяват анализираните езикови явления за българския език. Алтернативните избори на пътища през системичната мрежа дават разнообразието на възможни продукции при генериране. В дисертацията са показани съответните изходни продукции на зададените SPL-изрази.

Входното SPL- задание за генериране изречението „Чертае се линия.“

```
(S / DM:: DRAW
        :PREFER-MENTION-AGENT-Q WITHHOLD
        :ACTEE (AE / DM::LINE))
```

SPL-израз задаващ реализация на деятелен залог в изречението “Потребителят чертае линия.“:

```
(S / DM::DRAW
:ACTOR          (AR / DM::USER
                 :IDENTIFIABILITY-Q IDENTIFIABLE)
:ACTEE          (AE / DM::LINE))
```



Фигура 3 Генерирана структура за „Линията се появява.“

Модалност. Наклонение
Реализацията на речевия акт се отразява от елемента на Модуса: двойката Subject-Finite. Когато Акторът е и слушател при речевия акт в семантичния вход за генерирането се задава роля на слушател. SPL за генериране на изречението „Вие чертаете линия.“:

```
(S / DM::DRAW
:ACTOR          (HEARER / DM::USER :IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE          (AE / DM::LINE))
```

Българската приложна граматика има възможност за генериране на функцията модалност, т.е. изразяване на възможност, необходимост и т.н. Въведена е типичната „да-конструкция“ за реализиране на модални глаголни групи като „мога да...“, „трябва да...“ и т.н. Това се демонстрира от следващият семантичен вход, чрез които се реализира изречението „Вие можете да чертаете линия.“

```
(S / DM::DRAW
:MODAL-PROPERTY-ASCRIPTION GENERAL-POSSIBILITY
:ACTOR (HEARER / DM::USER   :IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE / DM::LINE))
```

Темпоралност
Моделираното граматическо време в рамките на поставените цели е сегашно време. Характеристиката present-form за глаголите, реализиращи процеси в дадените примери присъства в синтактичната структура на всяко от изреченията (виж Фигура 2 и Фигура 3 по-горе).

Завършеност на процеса. Вид на глагола
Разнообразието: свършен и несвършен вид за един и същ процес водят към различни реализации. Например, за процеса DRAW са достъпни две реализации свързани с алтернативите за вид: за несвършен вид процесът се реализира с глагола „чертая“, за свършен вид се използва реализация с глагола „начертая“.
В SPL-а това се сигнализира с израза

```
:ASPECT-Q PERFECTIVE-ASPECT
```

Съответните характеристики уточнени по време на генерирането (perfective-verb и imperfective-verb) могат да бъдат видени при реализациите на изреченията „Начертайте линия.“ и „Чертае се линия.“

Текстова кохерентност/ свързаност
Текстова кохерентност/ свързаност, реализирана с текстови съюзи / Textual Conjunctive, е демонстрирана чрез вариации на изречения като: „Първо изберете точка.“ , „След това въведете ъгъл“, „Накрая начертайте линия.“ SPL-представянето за последното изречение е следното:

```
(S/ DM::DRAW
:SPEECHACT   IMPERATIVE
:ACTOR          (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q    IDENTIFIABLE)
:ACTEE          (AE / DM::LINE)
:CONJUNCTIVE  SEQUENCE-LAST)
```

Номинализация
Номинализирана глаголна група „чертая линия“ се реализира със сления SPL-вход:

```
(S / DM::DRAW
: EXIST-SPEECH-ACT-Q NOSPEECHACT
:ACTEE (AE / DM::LINE))
```

Членуване и съгласуване по род и число в групата на съществителното
SPL-изразът идентифициращ членуването в дадена група на съществителното
е IDENTIFIABILITY-Q IDENTIFIABLE
Генерираните структури на изречения показват с разнообразни случаи по отношение на членуването (пълен и непълен член за съществително, пълен и непълен член за прилагателно от мъжки род в групата на съществителното, членуване при женски род).

Сложни изречения
Полето от приложната граматика, което съдържа системите, избирателите и проучвателите за генериране на сложни изречения се нарича **CLAUSECOMPLEX**. Преминаването на процеса на генериране през това поле е онагледено в дисертацията с генерираните синтактични конструкции от SPL-ите за следните изречения:

За изречението „Натиска се RETURN, за да се затвори полилинията.“:

```
(S / RST-PURPOSE
:PREFER-MENTION-AGENT-Q WITHHOLD
:DOMAIN (D / DM::PRESS
:ACTOR (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE1 / DM::RETURN))
RANGE (R / DM::CLOSE-SCREEN-OBJECT
:ACTOR (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE1 / DM::POLYLINE   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)))
```

За изречението „Натиснете RETURN, за да затворите полилинията.“:

```
(S / RST-PURPOSE
:SPEECHACT IMPERATIVE
:DOMAIN (D / DM::PRESS
:ACTOR (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE1 / DM::RETURN))
RANGE (R / DM::CLOSE-SCREEN-OBJECT
:ACTOR (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE1 / DM::POLYLINE   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)))
```

За изречението „Натиснете RETURN и затворете полилинията.“:

```
(S / CONJUNCTION
:SPEECHACT IMPERATIVE
:DOMAIN (D / DM::PRESS
:ACTOR (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE1 / DM::RETURN))
RANGE (R / DM::CLOSE-SCREEN-OBJECT
:ACTOR (HEARER / DM::USER   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)
:ACTEE (AE1 / DM::POLYLINE   IDENTIFIABILITY-Q   IDENTIFIABLE)))
```

Приложната българска системично-функционална граматика е създадена на базата на обширния ресурс за генериране на английски изречения NIGEL. Използвани са съществено изложените в предходния раздел 2.1 системично-функционални модели за някои граматически явления в българския език.

Демонстрирани са възможностите на създадения ресурс да генерира сравнително широк обхват от алтернативни граматически характеристики в изреченията (напр. деятелен и страдателен залог, императивно и декларативно изречение, просто и сложно изречение, няколко вариации на хипотактични и паратактични връзки в сложното изречение, номинализация на глаголна група и др.)

Постигнатият обхват на генериране е прагматично ограничен от конкретния стил на текстовете от корпуса, а именно процедурни текстовете-инструкции. От друга страна, ресурсът е достъпен за пре-използване и разширяване на генерираните вариации, тъй като се базира стриктно на системично- функционалното моделиране на българския език, което отчита лингвистичната природа на изходния продукт от генерирането- добре формулираното българско изречение.

3. Реализация на процеса на генериране на български текстове

Тази глава от дисертацията описва самия процес на автоматично генериране на текстове-инструкции на български език, както той е конструиран и изпълнен от системата AGILE.

Процесът на задаване на параметри за автоматичното генериране започва с въвеждане на понятията от предметната област на бъдещите текстовете, това представлява дефинирането на модела на предметната област на CAD/CAM-приложенията. Осъществява се свързване на тези понятия с Обобщения модел, онтологията от високо ниво, която осигурява съответствието между понятията от предметна област и тяхната системично-функционална проекция по отношение на българския език (раздел 3.1).

Определянето на съдържанието на бъдещия текст се извършва от потребителя на системата с помощта на текст-структуриращи елементи, които са описани в раздел 3.2.

След получаване на входните данни за процеса на автоматично генериране работи модулът за планиране на текст, а след него и планировчикът на изречение, които създават плановете на всяко отделно изречение като част от цялостен кохерентен текст. Механизмът е разяснен в раздел 3.3 заедно с идеята за създаване на няколко текстови стилови разновидности на изходния текст.

Лексико-граматическата реализация на автоматичното генериране на текст се извършва в средата за многоезиково генериране KPML от приложната българска системично-функционална граматика. Описанието на реализирания процес на автоматично генериране на текстове- инструкции на български език е завършено с коментар на резултата от автоматичното генериране на пет различни по стил текстове на български език от конкретен зададен вход за системата (раздел 3.4).

3.1 Представяне на знания за генерирането на български текстове

Избраната предметна област е свят на CAD/CAM термини и инструкции. Източник на текстове- инструкции за текстовия корпус са ръководствата за ползване на CAD/CAM софтуер, които се състоят главно от указания за създаване на различни видове проекти и чертежи, за съхраняване на файловете на даден проект, за повторното зареждане на тези файлове и т.н.

Базови елементи на тази предметна област са понятия като ФАЙЛ, КЛАВИШ, ЕКРАН, различни видове графични обекти: ЛИНИЯ, ДЪГА и т.н. основните действия в областта се извършват от потребителя: ЧЕРТАЯ, ЗАПАЗВАМ (файл), НАТИСКАМ (клавиш) и т.н.

Моделът на предметната област съдържа също текст-структуриращи елементи, които са градивни блокове на бъдещите процедурни текстове.
Елементите от предметната област са разделени в две групи:
ПРОЦЕСИ (ДЕЙСТВИЯ_на_ПОТРЕБИТЕЛЯ, СЪБИТИЯ и т.н.)
и НЕЩА (КЛАВИШ, ЕКРАН, ЛИНИЯ, МУЛТИЛИНИЯ и т.н.)
Текст-структуриращите елементи са четири на брой и предоставят контекст, в който действията и събитията могат да се случат. Текст-структуриращите елементи са: ПРОЦЕДУРА, МЕТОД, СПИСЪК_от_ПРОЦЕДУРИ и СПИСЪК_от_МЕТОДИ и са формално дефинирани, така че да моделират структурите на текстовете от целевия корпус.
В текста на дисертацията и в Приложение 1 са дадени тези формални дефиниции и конструкцията на модела на предметната област.

Използване на Обобщения модел

В обзорната част на настоящата дисертация е посочена ролята и важността на онтологията от високо ниво Обобщен модел в процеса на интерпретиране на съдържанието при автоматично генериране на естествен език. Обобщеният модел е практически използван като посредник между нивата с по-висока абстракция в процеса на текст-генериране (виж Фигура 1: Абстрактна система за КГТ) и "по-ниските" нива на лексико-граматическата реализация.

В работата по компютърното генериране на български език е направен системично-функционален анализ на понятията от предметната област на CAD/CAM - приложения и беше установено, че понятията могат адекватно да бъдат класифицирани в онтологията по отношение на реализацията си с езикови конструкции на български език. Това означава, че не е необходима никаква корекция в Обобщения модел, за да бъде той използван в процеса на автоматично генериране на български текстове.
По отношение на един цялостен анализ за съответствие на конструкциите на Обобщения модел и езиковите конструкции на българския език е необходима още сериозна изследователска работа. Можем да твърдим единствено, че е направена първата малка стъпка с въвеждане на терминологията на Системично-функционалния анализ на български език в [Стайкова и Пенчев, 2000]. Това е съществено, тъй като конструкциите на Обобщения модел кореспондират пряко с постановките на Системично-функционалната граматика на [Halliday, 1994].

3.2. Определяне на съдържанието

Едно от предизвикателствата пред създателите на системата AGILE е автоматичното генериране на кохерентни текстове от съдържание зададено от потребителя на системата. На евентуалния потребител е предоставен интерфейс, чрез който да бъдат съчетани и подредени термини от модела на предметната област на CAD/CAM приложения. Това са понятия за елементи описани в раздел 3.1, например: ЛИНИЯ, ДЪГА, КЛАВИШ, ПОКАЗВАМ, ЧЕРТАЯ, НАТИСКАМ, ПОТРЕБИТЕЛ и т.н.
Потребителят на системата може да съставя текстове- инструкции. За да се групират и подредят някакъв набор от термини на предметната онтология, така че да изразяват търсено съдържание в модела на областта са предоставени и *текст-струкуриращи елементи*. От анализа на текстовия корпус изложен в раздел 2.1 става ясно, че целевите текстове-инструкции най-често се състоят от определени изграждащи ги елементи, например цел, списък от стъпки за постигане на целта, странични ефекти и т.н. Чрез входния интерфейс потребителят на системата задава комбинация от определените текст-структуриращи блокчета като ги изпълва с определено съдържание - конкретни понятия от модела на предметната област на CAD/CAM приложенията. Така чрез конкретен набор от текст-

структуриращите елементи се описва *какво* да бъде реализирано в изходния текст.
Определянето на съдържанието на бъдещите текстове в системата се извършва чрез затворено планиране, което означава, че то изцяло зависи от решенията и намесата на потребителя на генериращата система. Потребителят задава комбинация от текст-структуриращи елементи и ги запълва със желаното съдържание изразено чрез понятия дефинирани в онтологията на предметната област.
Следващият пример представя структурата от дефинираните текст-структуриращи елементи, с която се определя връзката цел-подцел в изречението „Изберете Save, за да запазите чертежа.“:

```
процедура ЦЕЛ
  'запазвам чертеж'
 МЕТОДИ списък_от_методи
          ПЪРВИ метод
                 ПОД-СТЪПКИ списък_от_процедури
                          ПЪРВИ процедура
                                 ЦЕЛ 'избирам Save'
```

Формално представяне на съдържанието на примерната процедура наречена „Чертане на дъга“ е предоставено в приложение към дисертацията.

3.3. Планиране на текста

От всеки зададен вход за процеса на генериране се очаква системата AGILE да предостави на изход автоматично генериран кохерентен текст, а ако е възможно и няколко типа автоматично генерирани текстове. Обработването на входното съдържание, т.е. на запълнените текст-структуриращи елементи зададени от потребителя, се извършва от модул за текст-структуриране, чиято работа има два етапа. Първо от зададеното съдържание се създава план на бъдещия изходен текст като цяло, а след това планировчикът на изречения създава и плановете на отделните изречения (т.н. SPL-и) на базата на готовия текстов план.
Текст-структуриращите елементи описват само съдържанието на бъдещия текст, т.е. *какво* да бъде реализирано. За да се контролира *как* да бъде реализирано съдържанието са въведени текстови шаблони, които дефинират *стил на текста* като задават параметрите на реализацията в лексико-граматиката за определени елементи на текстовата структура. Характерен пример е заглавието на текста-инструкция съдържащо се в слота ЦЕЛ на текст-структуриращия елемент ПРОЦЕДУРА, което се реализира чрез номинализация на зададения глагол. В края на този раздел са изложени възможностите предлагани от системата AGILE за отразяване на определени стилови предпочитания за изходния текст.
Модулът за текст- структуриране работи с две групи понятия: текст-структуриращите елементи описани в предходния раздел и текстови шаблони, които представляват градивните единици на текстовия план. Текстовите шаблони дават разпределението на съдържанието и дефинициите им са извлечени от терминологията ориентирана към потребителя, към която обикновено се придържат авторите на технически ръководства.

Елементи на текстовите шаблони:
ДОКУМЕНТ-ЗАДАНИЕ
Елементът е дефиниран чрез два слота:
ЗАГЛАВИЕ_на_ЗАДАНИЕТО (задължително)

ИНСТРУКЦИИ_за_ ЗАДАНИЕТО (задължително)

ИНСТРУКЦИЯ
Елементът е дефиниран чрез три слота:
ЗАДАЧИ (задължително)
ОГРАНИЧЕНИЕ (незадължително)
ПРЕДУСЛОВИЕ (незадължително)

ЗАДАНИЕ
Елементът е дефиниран чрез два слота:
ИНСТРУКЦИИ (задължително)
СТАРНИЧЕН_ЕФЕКТ (незадължително)

Съпоставянето на текстовите шаблони и текст-структуриращите елементи на входния интерфейс за съдържанието дава възможност за създаване на правила за текст-структуриране. Текстовите шаблони се използват за предварително определяне на избора на граматически средства за реализиране на съдържанието и по този начин може да бъде определян стила на текста. С такава цел в шаблоните могат да се въведат и допълнителни маркери на дискурса, за да се направи експлицитна текстовата структура. Независимо от конкретния текстов шаблон могат да съществуват избори, които да влияят на нивото на експлицитност, например, за информиране на потребителя на генерирания текст за наблюдаваните странични ефекти.
При анализа на текстовия корпус за системата AGILE са забелязани следните характеристики и варианти:
-Явно изразяване или скриване на агента извършващ действието;
-Различни начини да се изрази връзката с читателя – дали читателят да е специално адресиран или не;
-Режим на реализиране на инструкции;
-Сложност на лингвистичните изрази.
Прецизната работа с тези аспекти дава възможност за определяне на вариациите в текстовия стил. Въведени са два различни стила, в които могат да бъдат реализирани инструкциите: *персонален императивен* и *безличен изявителен*.
Определени са изразите, които се включват в SPL-заданията, за да настроят различните аспекти на определените стилове. Получаването на различни SPL-конструкции от зададения семантичен вход за различните стилове се контролира чрез средствата за текст-структуриране на средата KPML, а именно израза REALIZE-WITH. Например, ако искаме да видим съдържанието на елемента TASK-TITLE реализирано с номинална група, то можем да зададем следния израз SPL-конструкцията:

```
(REALIZE-WITH TASK-TITLE (:EXIST-SPEECH-ACT-Q NOSPEECHACT))
```

В допълнение към ограниченията за лексико-граматическите реализации средата KPML дава възможност да се специфицира *layout* за определени елементи на текстовата структура. Модулът за текст-планиране е реализиран в стила на приложните системично-функционални граматики на средата за многоезиково генериране KPML.
След като разполагаме с план на текста, който включва ограниченията за начина на реализация на неговите съставни части вече могат да бъдат създадени SPL-и за отделните изречения като се използват тези ограничения. Това се извършва от Планировчика на изречения.

Една интересна задача на Планировчика на изречения е агрегацията на изреченията. Тук агрегацията представлява всъщност комбиниране на два или повече SPL-фрагмента в по-голям фрагмент от SPL-код. Всяка отделна част определя плана за реализиране на елемент от потребителския вход, който може да има и зададен стил. На практика всеки SPL-фрагмент определя изречение. Когато става въпрос за комбиниране на SPL-и, то трябва да се вземе решение за сложността на изречението, което да изрази зададеното съдържание.

Планировчикът на изречения преминава през листата на създадената дървовидна структура на текста последователно като създава SPL-код за семантиката идентифицирана в тези листа. Първо зададеното съдържание се превежда в чисто същностно съответстващ му SPL-код, след това се определят границите на отделните изречения и се формира SPL-код за всяко изречение.

След това се добавят ограниченията в реализацията изисквани от стила на текста чрез описаните по-горе специфични SPL-фрагменти. Така плановете на изреченията носят информация не само какво да бъде реализирано, но и как да стане това. По този начин подадените за генериране от тактическия генератор SPL-и на изречения представляват всъщност код на кохерентен текст.

3.4. Лексико-граматическа реализация

Стиловото разнообразие на текстовете генерирани на български език е представено в следващата Таблица 1.

Стил на текста	Кратки команди в номериран списък	По-дълги изречения	По-дълги изречения с обяснения
Персонален императивен	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 4
Безличен изявителен		Вариант 3	+ допълнителна агрегация Вариант 5

Таблица 1 Стил на генерирания текст

Двете основни вариации представени от редовете на таблицата, персонален императивен стил и безличен изявителен стил, се отнасят за начина на реализиране на инструкциите в текстовете, например „Въведете ОК.“ или „Въвежда се ОК“.

Колоните отразяват различни варианти на организацията на текста - представянето на списък от команди като номериран списък с елементи записани всеки на отделен ред, или вариации на агрегацията. Вариациите на агрегацията са всъщност различно разпределение на съдържанието в изречения. Това може да включва генериране на „изречения с обяснения“, или, с други думи, генериране на информацията за страничните ефекти.

Следват генерираните изходни текстове в петте вариации за зададено едно и също примерно съдържание на желания текст.

Вариант 1: Персонален-императивен текст с кратки команди

Чертане на полилиния, съставена от отсечки и дъги

1. Стартирайте командата PLINE.
2. Задайте началната точка на отсечка.
3. Задайте крайната точка на отсечката.
4. Въведете **a**. Изберете OK.
5. Задайте крайната точка на дъгата.
6. Задайте трета точка на дъгата.
7. Въведете **l**. Изберете OK.
8. Въведете дължина на отсечка.
9. Въведете ъгъл на отсечката спрямо допирателната в крайната точка на дъгата.
10. Натиснете Return.

Вариант 2: Персонален-императивен текст Чертане

на полилиния, съставена от отсечки и дъги

1. Стартирайте командата PLINE, като използвате един от следните методи:

Windows: От плаващото меню Polyline на функционалния ред Draw изберете

Polyline. **DOS и UNIX:** От менюто Draw изберете Polyline.

2. Задайте началната точка на отсечката.
3. Задайте крайната точка на отсечката.
4. Въведете **a**, за да превключите на режим Arc. След това изберете OK в диалоговия прозорец на режима Arc.
5. Задайте крайната точка на дъгата.
6. Задайте трета точка на дъгата.
7. Въведете **l**, за да се върнете в режим Line. След това изберете OK в диалоговия прозорец на режима Line.
8. Въведете дължина на отсечка от крайната точка на дъгата.
9. Въведете ъгъл на отсечката спрямо допирателната в крайната точка на дъгата.
10. Натиснете Return, за да завършите полилинията.

Вариант 3: Безличен-изявителен текст

Чертане на полилиния, съставена от отсечки и дъги

1. Стартира се командата PLINE, като се използва един от следните методи:

Windows: От плаващото меню Polyline на функционалния ред Draw се избира

Polyline. **DOS и UNIX**: От менюто Draw се избира Polyline.

2. Задава се началната точка на отсечката.

3. Задава се крайната точка на отсечката.

4. Въвежда се **a** за превключване на режим Arc. След това, в диалоговия прозорец на режима Arc се избира OK.

5. Задава се крайната точка на дъгата.

6. Задава се трета точка на дъгата.

7. Въвежда се **l** за връщане в режим Line. След това, в диалоговия прозорец на режима Line се избира OK.

8. Въвежда се дължината на отсечката от крайната точка на дъгата.

9. Въвежда се ъгълът на отсечката спрямо допирателната в крайната точка на дъгата.

10. Натиска се Return за завършване на полилинията.

Вариант 4: Персонален-императивен текст с обяснения

Чертане на полилиния, съставена от отсечки и дъги

Първо начертайте отсечката.

1. Стартирайте командата PLINE, като използвате един от следните методи:

Windows: От плаващото меню Polyline на функционалния ред Draw изберете

Polyline. **DOS и UNIX:** От менюто Draw изберете Polyline.

2. Задайте началната точка на отсечката.

3. Задайте крайната точка на отсечката.

4. Въведете **a**, за да превключите на режим Arc. Появява се диалоговият прозорец на режима Arc. Изберете OK.

5. Задайте крайната точка на дъгата.

6. Задайте трета точка на дъгата.

7. Въведете **l**, за да се върнете в режим Line. Появява се диалоговият прозорец на режима Line. Изберете OK.

8. Въведете дължината на отсечка от крайната точка на дъгата.

9. Въведете ъгъла на отсечката спрямо допирателната в крайната точка на дъгата.

10. Натиснете Return, за да завършите полилинията.

Вариант 5: Безличен-изявителен текст с обяснения и агрегация

Чертане на полилиния, съставена от отсечки и дъги

Първо се чертае отсечката.

1. Стартира се командата PLINE, като се използва един от следните методи:

Windows: От плаващото меню Polyline на функционалния ред Draw се избира

Polyline. **DOS и UNIX**: От менюто Draw се избира Polyline.

2. Задава се началната точка на отсечката и се задава крайна точка на отсечката.
3. Въвежда се **a** за превключване на режим Arc. Появява се диалоговият прозорец на режима Arc. Избира се OK.
4. Задава се крайната точка на дъгата и се задава трета точка на дъгата.
5. Въвежда се **l** за връщане в режим Line. Появява се диалоговият прозорец на режима Line. Избира се OK.
6. Въвежда се дължината на отсечка от крайната точка на дъгата и се въвежда ъгъла на отсечката спрямо допирателната в крайната точка на дъгата.
7. Натиска се Return за завършване на полилинията.

С изложеното съдържание в Глава 3 от дисертацията се проследява логиката на реално организиран процес за генериране на текст на български език. Създаденият ресурс за генериране на български изречения, Приложна системично-функционална граматика за български език, е използван при тактическата генерация. Обърнато е внимание на семантичните технологии, които имат отношение към реалното конструиране и изпълнение на такъв процес за текст-генериране. Показан е нужният семантичен модел на предметната област на генерирането, показано е как се осигурява съответствие между понятията от този модел и висшата онтология кореспондираща с лингвистичните конструкции за лингвистична реализация на зададените понятия. Споделен е изследователският опит при текст-планирането извършено в рамките на проекта AGILE, за да се генерират пет различни типа текстове от едно и също входно семантично съдържание. Демонстрирани са постигнатите резултати при генерирането на кохерентен текст, които са уникални като опит за автоматично генериране на български език.

4. Работа с български текстове, семантични технологии и ресурси

В тази глава се разглеждат приложения на семантичните технологии за семантично анотиране на специализирани текстове на български език, които биха подпомогнали процес на компютърно генериране на български текстове. Използвани са разработки по проекта СИНУС, който има за цел създаването на семантична платформа за технологично-поддържано обучение чрез динамично композиране на учебните материали. Това изисква да са на разположение поддържащи информационни модели за динамично създаване и адаптиране на учебни обекти, за да се осигури многократното им използване в процеса на обучение.

Семантичната платформа на проекта СИНУС е тествана с демонстрационни примери за използване на предлаганите от проекта технологи, които включват работа с мултимедийни учебни обекти анотирани с мета-данни за съдържанието им. Разглежданата тук научно-приложна задача се състои в това да се намерят методи за преодоляване на ограниченията на

стандартните мета-данни за учебни обекти, а именно, да се използват онтологии, които позволяват пряка компютърна обработка на знанията кодирани в мета-данните.

Чрез платформата на проекта СИНУС се достъпват и използват различни съществуващи мултимедийни библиотеки като в разглежданите тук приложения мултимедийните обекти са от мултимедийната цифрова библиотека "Виртуална енциклопедия на Източно-Християнското изкуство" [Pavlova-Draganova et. al., 2007]. Това е мултимедийната библиотека, която съдържа мултимедийна информация за иконографски обекти (икони, миниатюри, стенописи и т.н.) създадени на територията на България от VII до XIX век. Един мултимедиен обект е съвкупност от дигитални изображения и различни описателни текстове.

Семантичното търсене от платформата на проекта СИНУС в самата мултимедийна библиотека е осигурено от онтология, която за целите на проекта е наречена *базова онтология*. Възприетият подход осигурява намиране, визуализация и използване на мултимедийно съдържание чрез прилагане на различни схеми на мета-данните описващи мултимедийните обекти от различни перспективи според различните интереси на потребителите. Това се постига чрез формализирани експертни знания структурирани в онтологии, които са условно наречени *специализирани онтологии*.

4.1 Формализиране на знания от областта на иконографията

Задачата свързана с формализирането на знания от областта на иконографията е породена от задачата за създаване на семантични модели на основните мултимедийни обекти нужни за обучителната среда на проекта СИНУС. Основните мултимедийни обекти използвани в демонстрационните примери на проекта са ИКОНА, СТЕНОПИС, МИНИАТЮРА.

Достъпването на такива обекти от платформата на проекта СИНУС се осигурява от създадените в средата семантични модели на мултимедийните обекти. Семантичните модели от своя страна се изграждат върху онтологични конструкции. Спецификата на проекта, както и предварителният анализ на данните доведоха до решение онтологичните концептуални знания за мултимедийните обекти да се групират в една *базова онтология* и три *специализирани онтологии*.

През последните години в областта на онтологичното инжинерство е извършена значителна по обем работа, в резултат на която се увеличават областите на информационното пространство снабдени с онтологични стандарти при Интернет- обработки на информация. Такива области са медицината, културното наследство на човечеството, управлението на проекти и т.н.

За приложните изкуства и по-общо в областта на културното наследство на човечеството такъв фундаментален онтологичен модел е CIDOC – CRM, разработен от Групата по стандартизиране на документацията към Международния съвет на музеите (International Council of Museums - ICOM). От септември 2006-та година онтологията CIDOC CRM е приета за стандарт ISO 21127 на Международната организация по стандартизация (ISO).

Основната роля на CIDOC CRM е да служи като база за свързване на информацията за културното наследство и да представлява семантично „лепило" необходимо при трансформирането на съвременните разпръснати локални информационни източници в кохерентен и стойностен глобален ресурс."

Затова понятията от базовата онтология на проекта СИНУС- ОБИО са създадени да бъдат съвместими с понятията дефинирани в CIDOC CRM. Това е нужно при достъпване на хетерогенни данни от различни източници в Интернет-пространството. Така използваният в средата СИНУС семантичен модел е пре-използваем и достъпен за всеки проект базиран на CIDOC CRM, като публикуваните знания могат да се обработват от субекти в широкото Интернет-пространство.

След анализ на понятията от онтологията ОБИО-СИНУС, с добавените специализации на класове за ОБИО-СИНУС, йерархията на класовете от CIDOC CRM изглежда така:

E1 CRM Entity
E2 - Temporal Entity
E4 - - Period
E5 - - - Event
OBIO - - Important Event for ECR
E7 - - - - Activity
E11 - - - - - Modification
E12 - - - - - - Production
OBIO - - - - - - Iconographical Object Production
E13 - - - - - Attribute Assignment
E65 - - - - - Creation
E63 - - - - Beginning of Existence
E12 - - - - - Production
OBIO - - - - - Iconographical Object Production
E65 - - - - - Creation
E64 - - - - End of Existence
E77 - Persistent Item
E70 - - Thing
E72 - - - Legal Object
E18 - - - - Physical Thing
E24 - - - - - Physical Man-Made Thing
E90 - - - - Symbolic Object
E71 - - - Man-Made Thing
E24 - - - - Physical Man-Made Thing
OBIO - - - - Base of Iconographical Object
E22 - - - - - Man-Made Object
OBIO - - - - - Iconographical Object
OBIO - - - - - - Icon
OBIO - - - - - - Wall-Painting
OBIO - - - - - - Miniature
OBIO - - - - - - Mosaic
OBIO - - - - - - Витраж
OBIO - - - - - - Plastic Iconographical Object
OBIO - - - - - - - Иконостас
OBIO - - - - - - - Престол
E84 - - - - - - Information Carrier
E25 - - - - - Man-Made Feature
E78 - - - - - Collection
E28 - - - - Conceptual Object
E90 - - - - - Symbolic Object
E73 - - - - - - Information Object
E33 - - - - - - - Linguistic Object
E35 - - - - - - - - Title
E36 - - - - - - - Visual Item
E38 - - - - - - - - Image
OBIO - - - - - - - - Iconographical Image
OBIO - - - - - - - - - One Figure Composition
OBIO - - - - - - - - - Many-figures Composition
OBIO - - - - - - - - - Composition of Complete Compositions
E41 - - - - - - Appellation
E42 - - - - - - - Identifier
E35 - - - - - - - Title
E89 - - - - - Propositional Object
E73 - - - - - - Information Object
E33 - - - - - - - Linguistic Object
E35 - - - - - - - - Title
OBIO - - - - - - - Biography
OBIO - - - - - - - IO Identification Note
OBIO - - - - - - - IO Description
OBIO - - - - - - - Iconographical Technique Description
OBIO - - - - - - - Base Description

OBIO - - - - - - - IO Condition State
E36 - - - - - - - Visual Item
E38 - - - - - - - - Image
OBIO - - - - - - - - Iconographical Image
OBIO - - - - - - - - - One Figure Composition
OBIO - - - - - - - - - Many-figures Composition
OBIO - - - - - - - - - Composition of Complete Compositions
E55 - - - - - Type
E56 - - - - - - Language
E57 - - - - - - Material
E58 - - - - - - Measurement Unit
OBIO - - - - - Iconographic School
OBIO - - - - - Iconographical Technique
OBIO - - - - - Canonic Type of Iconographical Image
E39 - - Actor
E74 - - - Group
OBIO - - - Iconographic Clan
E21 - - - Person
OBIO - - - Iconographer
OBIO - - - Important Person for ECR
E52 - Time-Span
OBIO - Year
OBIO - Month
OBIO - Day
OBIO - Century
OBIO - Part of Century
E53 - Place
OBIO - State
OBIO - Region
OBIO - Town
OBIO - Village
OBIO - Monastery
OBIO - Church
OBIO - Chapel
OBIO - Museum
OBIO - Gallery
E54 - Dimension
OBIO - Height
OBIO - Width
OBIO - Thickness
E59 Primitive Value

Приложение 3 към дисертацията съдържа представянето на онтологията OBIO на онтологичния език OWL, както и конструкциите на три специализирани онтологии формирани с участието на експерти в областта на иконографията [Paneva-Marinova et.al., 2010]. Онтологиите са във формата използван на практика в сценария за експлоатация на средата Синус.

4.2 Семантично анотиране на специализирани български текстове

В този раздел на дисертацията е описано решението на задача за семантично анотиране на специализирани текстове на български език. В приложния контекст на проекта Синус задачата се дефинира така:

Разполагаме с мултимедийни обекти, които са анотирани в семантичната платформа Синус и представляват екземпляри на класа *Иконографски обект* от базовата онтология ОБИО. Разполагаме с базов семантичен модел и разширен семантичен модел на *Иконографски обект*, поддържани от описаните в предходния раздел онтологии.

В Базовия семантичен модел връзките между понятията представляват или обектна релация или релация за данни. Обектната релация свързва две онтологични понятия. Релациите за

данни предоставят достъп до текстови данни, които представляват кратки описателни текстове на български език за конкретния иконографски обект – икона, стенопис, миниатюра. Текстовете са част от описанията на мултимедийни обекти от цифровата библиотека „Виртуална енциклопедия на българската иконография [Pavlova-Draganova, et.al., 2007].

Задачата за семантично анотиране е насочена именно към тези текстове. Тя се състои в това в описателните текстове на български език да бъдат добавени анотации, които фиксират всички споменавания на онтологични понятия от специализираната онтология „Технология на иконографски обект“.

Тези семантични анотации след това позволяват полуавтоматично разширяване на семантичния модел на мултимедийния обект в семантичното пространство на средата Синус, където семантичното анотиране е част от по- голяма прагматична задача. Чрез разширения семантичен модел става възможно семантично търсене на анотирани мултимедийни обекти в платформа за технологично поддържано обучение [Agre, 2012], [Dochev and Agre, 2012].

Семантично анотиране на български текстове чрез следване на релацията “От онтология към текст”

Подходът за семантично анотиране чрез следване на релацията “От онтология към текст” е представен в обзорната част на дисертацията. Използването му в конкретната задача за анотиране дефинирана в проекта Синус е изключително подходящо, защото са изпълнени всички изисквания за прилагане на този подход:

1) в семантичното простронство на Синус-платформата се използва ***онтологията*** „Технология на иконографски обект”;

2) онтологичните й понятия са лексикаризирани на български език и на тази основа е възможно създаването на ***терминологичен лексикон*** на български език**;**

3) могат да бъдат построени ***частични граматики*** на български език, които да разпознават споменавания на онтологичните понятия в българските текстове и да ги анотират като онтологични термини.

Настройване на средствата за семантично анотиране

Прилагането на метода “От онтология към текст” започва със съставяне на онтологичен лексикон. В ***терминологичния лексикон*** се записват лексикализациите на наименованията на онтологичните понятия в дефинициите на онтологията. Например, в онтологията е дефиниран клас с уникален идентификатор *#OWLClass_Lacquering* и лексикализации за наименованието на класа на български език: *лак* и *лаково покритие*.

```
<owl:Class rdf:about="#OWLClass_Lacquering">
    <rdfs:label xml:lang="bg">лак</rdfs:label>
    <rdfs:label xml:lang="bg">лаково покритие</rdfs:label>
    ...
</owl:Class>
```

Лексиконът има два дяла, като единият съдържа наименования на онтологичните индивиди, другият - наименованията на онтологичните класове. Към тези думи и словосъчетания са добавени някои вариации.

Анотационни граматики

За реализиране на анотационните граматики е използвана системата CLaRK [Simov et.al., 2001] предназначена за създаване и работа с корпуси от XML-документи. Името на системата идва от съкращение на Computational Linguistics and Represented Knowledge. Системата CLaRK разполага

с инструмент за работа с крайни автомати, който се използва за проверка на валидността на XML-документите, в токанизаторите и в каскадните регулярни граматики.

Граматиката работи детерминистично над входната дума. Резултатът от прилагането й е копие на входната дума, в което разпознатите под-думи са заменени с категории на граматиката. Резултатът е наречен изходна дума за граматиката. В този смисъл този вид регулярни граматики могат да бъдат наречени крайни трансдюсери [Simov et al., 2002].

За настройване на системата ClaRK е необходим корпус от текстове, за да бъде разширен лексикона и да бъде „обучена" анотационната граматика в разпознаване на срещанията на лексическите елементи в целевите текстове. В общия случай е важно текстовете от корпуса действително да съдържат лексикализации на онтологичните понятия, които ще бъдат разпознавани.

В работата по настройване на анотационните граматики на CLaRK са използвани част от наличните описателни текстове на български език достъпни чрез свойствата за данни на базовия семантичен модел:

1)#OWLDataProperty_base_has_Description с описания на основата на иконографски обект,

2)#OWLDataProperty_ iconographicalTechnique_has_Description с описания на иконографската техника характерна за иконографския обект,

3)#OWLDataProperty_conditionState_has_Name с описание на текущото състояние на иконографски обект.

Корпусът се състои от 434 описателни текста, разпределени според съдържанието си както следва:

Описания на основата на иконографски обект	189 текста
Описания на иконографска техника	124 текста
Описания на състоянието на иконографски обект	121 текста

За съставянето на златен стандарт е извършено ръчно маркиране на срещанията на онтологичните термини в текстовете. Златният стандарт задава целта, към която се стремим с настройването на програмата: маркираните срещания на онтологични елементи в текстовете от корпуса да се разпознаят автоматично от анотационната граматика.

В корпуса са отбелязани 899 срещания на търсените термини, т.е. общ брой лексикализации за индивиди и класове от онтологията „Технология на иконографски обект".

Създаване на анотационни граматики

Както е споменато по-горе, граматиките в системата CLaRK се състоят от правила представени чрез регулярен израз и маркер. За решаване на конкретната задача са създадени две граматики - едната разпознава индивидите от онтологията, а другата – онтологичните класове. Изграждането на всяка от граматиките започва с елементите на съответния лексикон. Всеки елемент на лексикона се лематизира с „Българския морфологичен лексикон" [Попов, Симов, Видинска, 1998] и лематизираната форма се превръща в регулярен израз на съответното граматическо правило.

Съществената част от настройването или „обучението" на граматиката се състои в лематизирането на регулярните изрази, които трябва да разпознаят търсените фрази в текстовете. Най-простият случай е обобщаване или заместване на част от фразата с подходящ системен символ.

Създаване на каскадно задание за претърсване на текст

Върху входния XML-документ съдържащ целеви текстове се извършват следните обработки формирани на етапа на обучението на системата:

- токанизация на текстовете
- вмъкване на XML-елемент за изходния списък с маркери

- парсиране с граматиката SINUS TSO basic
- парсиране с граматиката SINUS TSO I-2
- парсиране с граматиката SINUS TSO Cl

Описаните обработки образуват едно каскадно задание в системата CLaRK, чиито изход е XML-документ, с добавени към него списъци с маркери, получени чрез разпознаването на заложените в граматиките фрази (регулярни изрази). Обученото състояние на системата CLaRK се запомня, за да бъде извиквано от процесите на средата СИНУС.

Резултати от работата върху текстовия корпус

Програмата за разпознаване на термините с така настроените граматики е приложена върху всеки текст от корпуса. Резултатите, изложени в приложение към дисертацията, показват за всеки онтологичен термин до каква степен е било ефективно "обучението" на граматиките. От обобщението е видно, че програмата разпознава правилно общо 757 срещания на термини и 12 пъти погрешно предлага разпознаване на термин. Неразпознати са 142 срещания на термини в текстовете от корпуса. С тези данни са пресметнати стойностите на Точност (Precision) и Покритие (Recall):

Точност = 757 / 769 = 0.984

Покритие = 757 / 899 = 0.842

За поставените прагматични цели определени в проекта Синус тези резултати са много добри. Приложение 4 съдържа таблица с информация за неразпознатите срещания на онтологичните термини в корпуса.

Проведеното научноприложно изследване показва, че макар да са възможни по-нататъшни подобрения, следването на релацията „От онтология към текст" води до ефективно решаване на поставената задача за семантично анотиране на български текстове.

Реализираната процедура разпознава най-често срещаните в корпуса онтологични термини и създава адекватни семантични анотации. Като основна насока за бъдеща работа по развитие на избрания метод можем да отбележим, че съществува широко поле за експерименти с различни стратегии за лематизиране на регулярните изрази на частичните анотационни граматики. Съществен принос би дало пре-използването на създадените с метода ресурси във вид на терминологични лексикони, особено ако могат да са полезни и в други приложни области.

5. Заключение

Настоящият дисертационен труд съдържа описание на научно-приложната и изследователска работа по подготовката и използването на ресурси за компютърно генериране на български текстове. Теоретичната парадигма за компютърното генериране е Системично-функционалната лингвистика на Халидей. Избраният приложен подход към генерирането е така наречения контрол направляван от граматиката. Както е показано в обзорната част, необходимите ресурси в конкретния формализъм за компютърно генериране на даден естествен език са лексико-граматически и семантични.

Показано е изграждането на приложна лексико-граматика за компютърно генериране на български език в последователните стъпки на процеса:

1) Частичен анализ и моделиране на някои езикови явления в българския език. Създадени са модели на езиковите явления, които са идентифицирани в корпус от целеви текстове за генерирането. Текстовете са процедури-инструкции от ръководство за ползване на CAD/CAM системи. Системично-функционалната

граматика на Халидей е парадигмата на лингвистичното моделиране. В дисертацията са показани съставените модели за езиковите явления диатезност, модалност, темпоралност, завършеност на процеса, номинализация на глаголната група, членуване. Моделирани са и някои типични за корпуса връзки в сложните изречения.

2) На основата на лингвистичните модели и в паралел със съществуващ приложен ресурс за английски език е съставена приложна българска системично-функционална граматика. Приложният ресурс е изграден със средствата на Средата за многоезиково генериране KPML. Съществени характеристики на приложния ресурс са достъпност, отворената възможност за разширяване и надграждане, както и за пре-използване в други предметни области.

В дисертацията е описан процесът на генериране на български текстове със създадения лексико-граматически ресурс. Докладвана е работата с нужните семантични ресурси за генерирането: проверки за настройване на лингвистичната онтология от високо ниво Обобщен модел (Generalized Upper Model) и на модела на предметната област за работа с български език.

Показан е резултат от компютърно генериране на български език: пет варианта на текстове-инструкции генерирани от едно и също представяне на информацията на входа.

Последната част на дисертацията показва работата по формализиране на знания в семантични модели свързани със семантично анотиране на български текстове. С идея, че семантичното анотиране би подпомогнало значително подготовката за компютърно генериране в нови предметни области е описан процес на семантично анотиране на описателни текстове на български език от областта на иконографията. Приложен е подходът „Релация: От онтология към текст“. Използвани са частични граматики на базата на регулярни изрази разработени в системата CLaRK.

Дисертацията инспирира идеи за бъдеща работа. Възможностите за експерименти и изследвания на компютърно генериране на български текстове с приложната системично-функционална граматика са огромни. Интересни са и перспективи като многоезиковото генериране или компютърно генериране от различни входни представяния на информацията.

Основни научни и научно-приложни приноси

В дисертацията са докладвани резултати от осъществяване на процес на компютърно генериране на български текстове. Реализирани са следните научни и научно-приложни приноси:

1. Направено е формално описание на базови обекти от българския език в съответствие с Системично-функционалната теория за естествения език. Разработеното описание позволява компютърно генериране на процедурни текстовете (технически инструкции) за създаване на техническа документация на български език.

2. Разработеното формално описание е реализирано във вид на приложен компютърен ресурс (Приложна системично-функционална граматика на български език). Реаризацията е извършена в Средата за многоезиково генериране KPML и позволява пре-използване, разширяване и по-нататъшно развитие.

3. Разработената Приложна системично-функционална граматика на български език е реализирана като модул в многоезиковата система AGILE позволяваща компютърно генериране на технически текстове в различни стилове (персонален- императивен, безличен-изявителен). Системата е приложена за генериране на свързани текстове на български език при създаване на технически ръководства за CAD/CAM системи.

4. Въз основа на разработено онтологично описание (специализация на CIDOC- CRM) в областта на Източно-християнско иконографско изкуство е предложена и реализирана схема за семантично анотиране на специализирани текстове на български език. Реализацията използва частични граматики на базата на регулярни изрази.

Списък на публикациите по дисертацията

1. Kamenka Staykova: *Natural Language Generation and Semantic Technologies*, Cybernetics and Information Technologies, Volume 14, No2, 2014, pp. 3-24.
2. Kamenka Staykova, Gennady Agre: *Use of Ontology-to-Text Relation for Creating Semantic Annotation*, In Proceedings of 13th International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech 2012, Ruse, Bulgaria, June 22 - 23, 2012, pp. 64-71.
3. Kamenka Staykova, Petya Osenova, Kiril Simov: *New Applications of "Ontology-to-Text Relation" Strategy for Bulgarian Language*, Cybernetics and Information Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Vol.12, No 4, 2012, pp. 43-52.
4. Kamenka Staykova, Gennady Agre, Kiril Simov, Petya Osenova: *Language Technology Support for Semantic Annotation of Iconographic Descriptions*, In Proceedings of the International Workshop "Language Technologies for Digital Humanities and Cultural Heritage", Sept. 2011, Hisar, Bulgaria, 16 Sept. 2011, pp. 51-57.
5. Kamenka Staykova: *Exercise in Conceptualization*, Cybernetics and Information Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Vol. 5, No 2, 2005, pp. 69-83.
6. Kamenka Staykova and Sergey Varbanov: *The Globe: Representation of Linguistic Knowledge and Knowledge about the World Together*, In Proceedings of the Workshop "Language and Speech Infrastructure for Information Access in the Balkan Countries", part of Fifth International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing, RANLP-2005, Borovec, Bulgaria, 25 September 2005, pp. 68-74.
7. Danail Dochev, Kamenka Staykova: *A Multilingual System for Automatic Generation of Technical Manual Texts*, In Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Technologies CompSysTech'2001, Sofia, 21-22 June 2001, pp. II.14.1-5.
8. Kamenka Staykova, Danail Dochev: *Development of Lexico-Grammar Resources for Natural Language Generation (Experience from AGILE Project)*, In: Cerry S. and D. Dochev (Eds.), Proceedings of the International Conference "Artificial Intelligence: Methodology, Systems, Applications 2000", Varna, September 2000, Lecturer Notes in Artificial Intelligence 1904, Springer-Verlag, 2000, pp. 242-251.
9. Kruijff GJ, E. Teich, J. Bateman, I. Kruijff-Korbayová, H. Skoumalová, S. Sharoff, L. Sokolova, T. Hartley, K. Staykova, J. Hana: *Multilinguality in a Text Generation System for Three Slavic Languages*, In Proceedings of the 18th Conference on Computational Linguistics - Volume 1, Saarbrücken, Germany, 2000, pp. 474 – 480..
10. Staykova K.: *Bulgarian Resource for Generation of Instructional Texts: Result of AGILE Project*, IIT Working Papers, IIT/WP-109, 2000.
11. Стайкова К., Й. Пенчев: *Системично- функционалната лингвистика и българският език*, "Български език", София, XLVIII, том 4-5, 1999/2000, стр. 5-24.
12. Dochev D., N. Gromova, K. Staykova - Lexico-Grammatical Characteristics of Bulgarian Software Instructional Texts. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, No 49, pp. 11-19, 1999.

Публикация 1. кореспондира с обзорната част на дисертацията, Глава 1, където се разглежда

отношението на компютърното генериране на текст и съвременните семантични технологии. Публикации 10. и 11. са свързани с моделирането на някои езикови явления в българския език (раздел 2.1), докато публикации 7. и 9. отразяват работата по приложната граматика (раздел 2.2). Към изследванията описани в Глава 3 имат отношение публикации 5., 6. и 8. Това са доклади за реализирания процес на компютърно генериране на български текстове. Публикации 2., 3. и 4. се отнасят към Глава 4 и отразяват работата по семантично анотиране на специализирани български текстове.

Апробация на резултатите

Доклади по темата на дисертацията са изнесени на следните научни форуми и семинари:

- Международна конференция по компютърни системи и технологии CompSysTech'2012, Русе юни, 2012.
- Международен семинар “Language Technologies for Digital Humanities and Cultural Heritage”/ „Езикови технологии за електронната хуманитаристика и културното наследство“ Хисаря, септември, 2011.
- Международен семинар "Language and Speech Infrastructure for Information Access in the Balkan Countries", Езикова инфраструктура за достъп до информацията в Балканските страни, Боровец, септември 2005г.
- постер-сесия на международната конференция RANLP 2001, Цигов чарк, 2001.
- Международна конференция по компютърни системи и технологии CompSysTech'2001, София, юни 2001г.
- 18та международна конференция по компютърна лингвистика, Саарбрюкен, Германия, 2000.
- Девета международна конференция AIMSA: Изкуствен интелект- методология, системи, приложения, Варна, септември 2000г.
- Текущи семинари на секция “Изкуствен интелект” в Института по информационни технологии на БАН, 1999-2004.

Литература

[Бояджиев, Куцаров, Пенчев, 1999] Бояджиев Т, И. Куцаров, Й. Пенчев: *Съвременен български език*, ИК Петър Берон, София, 1999.

[Попов, Симов, Видинска, 1998] Попов Д., К. Симов и Св. Видинска: *Речник за правоговор, правопис и пунктуация*, Атлантис, 1998, София.

[Стайкова и Пенчев, 2000] Стайкова К., Й. Пенчев: *Системично- функционалната лингвистика и българският език*, "Български език", София, XLVIII, том 4-5, 1999/2000, стр. 5-24.

[Agre, 2012] Agre, G.: *SINUS – A Semantic Technology Enhanced Environment for Learning in Humanities*, Cybernetics and Information Technologies, Vol. 12, 2012, No 4, 5-24.

[Al-Muhtaseb and Mellish, 1997] Al-Muhtaseb, Husni and Chris Mellish: From the Generalized Upper Model Towards an Arabic Upper Model, In Proceedings of The 4th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, 1997.

[Basile and Bos, 2011] Basile V. and J. Bos: Towards *Generating Text from Discourse Representation Structures*, In Proceedings of the 13th European Workshop on Natural Language Generation (Nancy, France, 2011), pp. 145–150.

[Bateman, 1990] Bateman J.: *Upper Modelling: Organizing Knowledge for Natural Language Processing*, In Proceedings of the 5th International Workshop on Natural Language Generation, 3-6 June 1990, pp. 54–60.

[Bateman, 1997] Bateman J. A.: *Enabling Technology for Multilingual Natural Language Generation: The KPML Development Environment*,. Natural Language Engineering 3, 1 (1997), 15–55.

[Bateman et.al, 1990] Bateman J., R. Kasper, J. Moore, R. Whitney: *A General Organization of Knowledge for Natural Language Processing: the Penman Upper Model*, Technical report, USC/Information Sciences Institute, Marina del Rey, California, 1990.

[Bateman et.al., 2000] Bateman, J., Teich, E., Kruijff-Korbayová, I., Kruijff, G.-J., Sharoff, S. and Skoumalová, H.: *Resources for multilingual text generation in three Slavic languages*, in Proceedings of the Second International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'2000), European Language Resources Association (ELRA), 2000, Athens, Greece, pp.1763-1768.

[Bateman et.al., 2010] Bateman, J. A., J. Hois, R. Ross, and T. Tenbrink: *A Linguistic Ontology of Space for Natural Language Processing*, Artificial Intelligence 174, 14 (2010), 1027 – 1071.

[Bontcheva and Angelova, 1996] Bontcheva, K. and Angelova, G.: *Planning and Generating Hypertext Documentation.* In: Proceedings. of the Workshop "Gaps and Bridges in Natural Language Genaration", European Conference on Artifi - cial Intelligence ECAI-96, Budapest, Hungary, August 1996, pp. 25-28.

[Bouayad -Agha et.al., 2012] Bouayad-Agha N., Casamayor G., Mellish C., and Wanner L.: Content Selection from Semantic Web Data. In Proceedings of the Seventh International Natural Language Generation Conference (INLG), Special Track on Future Generation Challenges Proposals (2012), pp. 146–149.

[Dai et.al., 2010] Dai Y., S. Zhang, J. Chen, T. Chen, W. Zhang: *Semantic Network Language Generation Based on a Semantic Networks Serialization Grammar*, World Wide Web 13, 3, 307-341.

[Dochev and Agre, 2009] Dochev D., Agre G.: *Towards Semantic Web Enhanced Learning* , In: Proceedings of the International Conference on Knowledge Management and Information Sharing, Madeira, 2009, pp. 212-217.

[Duboue and McKeown, 2003] P. A. Duboue and K. R. McKeown: *Statistical acquisition of content selection rules for natural language generation*. In Proceedings of 2003 Conference on Empirical Methods for Natural Language Processing, (EMNLP 2003), Sapporo, Japan, July.

[Elhadad, 1990] Elhadad, M.: *Types in Functional Unification Grammars*, in Proceedings of the 28th. Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL, 1990, pp. 157-164.

[Elhadad and Robin, 1992] Elhadad, M. and Robin, J.: *Controlling Content Realization with Functional Unification Grammars*, In R. Dale, E. H. Hovy, D. Rösner and O. Stock, editors, "Aspects of automated natural language generation", 6th. international workshop on natural language generation, Springer, Berlin/Heidelberg, 1992, pp. 89-104.

[Erdmann et.al, 2000] Erdman M., A. Maedche, H.-P. Schnurr, S. Staab: *From Manual to Semi-automatic Semantic Annotation: About Ontology-based Text Annotation Tools*, In P. Buitelaar and K. Hasida (eds) Proceedings of the COLING 2000 Workshop on Semantic Annotation and Intelligent Content, 2000.

[Halliday, 1994] M A K Halliday: *Introduction to Functional Grammar*, Edward Arnold, London, Second Edition, 1994.

[Hovy, 1988] Hovy, E.: *Generating Natural Language under Pragmatic Constraints*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 1988.

[Joshi, 1987] Joshi, A. K.: *The Relevance of Tree Adjoining Grammar to Generation*, In G. Kempen, ed., "Natural Language Generation: Recent Advances in Artificial Intelligence, Psychology, and Linguistics", Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht, 1987.

[Kruijff et.al., 2000] Kruijff, G.-J., Teich, E., Bateman, J., Kruijff-Korbayová, I., Skoumalová, H., Sharoff, S., Sokolova, L., Hartley, T., Staykova, K. and Hana, J., *A multilingual system for text generation in three Slavic languages*, in Proceedings of the 18th. International Conference on Computational Linguistics (COLING'2000)', Saarbrücken, Germany, 2000, pp. 474-480.

[Lavoie and Rambow, 1997] Lavoie, B. and Rambow, O.: *A fast and portable realizer for text generation systems*, in Proceedings of the 5th. Conference on Applied Natural Language Processing, ACL, Washington, 1997, pp. 265-268.

[Mann, 1983] Mann, W.C., *An overview of the PENMAN text generation system*, in Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, AAAI, 1983, pp.261-265.

[Mann and Thompson, 1988] Mann, W.C. and S.A. Thompson: *Rhetorical structure theory: Toward a functional theory of text organization*, Text 8(3), 243-281.

[Matthiessen and Bateman, 1991] Mattiessen C. and J. Bateman: *Text Generation and Systemic-Functional Linguistics: Experiences from English and Japanese*, Frances Pinter Publishers and St. Martin's Press, London and New York, 1991.

[McDonald, 1983] McDonald, D.D. *Description directed control: its implications for natural language generation*, Computers and Mathematics, 9(1), 1983, 111-129.

[McKeown, 1985] McKeown, K: *Text Generation: Using Discourse Strategies and Focus Constraints to Generate Natural Language Text*, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1985.

[Mitkov, 1990] Mitkov, R.: *Generating Explanations of Geometrical Concepts*, Computers and Artificial Intelligence, 1990, 9(6), 579-589.

[Moore and Paris, 1988] Moore, J. D. and Paris, C. L.: *Constructing Coherent Texts Using Rhetorical Relations*, In Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society', Cognitive Science Society, 1988.

[Nogier and Zock, 1992] Nogier J.-F. and M. Zock, *Lexical Choice as Pattern Matching*, Knowledge Based Systems 5, 3 (1992), 200–212.

[Paneva-Marinova et.al., 2010] Paneva-Marinova D., R. Pavlov, M. Goynov, L. Pavlova-Draganova, L. Draganov: *Search and Administrative Services in Iconographical Digital Library*, In Proceedigs of the International Conference "Information Research and Applications", July 2010, Varna, Bulgaria, 177-187.

[Pavlova-Draganova, et.al., 2007] Pavlova-Draganova L., V. Georgiev, L. Draganov: *Virtual Encyclopaedia of Bulgarian Iconography*, Information Technologies and Knowledge, Vol. 1, 2007, No 3, 267-271.

[Pollard and Sag, 1994] Carl J. Pollard and Ivan A. Sag: Head-Driven Phrase Structure Grammar, University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 1994.

[Polikoff and Allemang, 2003] I. Polikoff and D. Allemang: *Semantic Technology*, TopQuadrant Technology Briefing, v1.1, September 2003, https://lists.oasis-open.org/archives/regrep-semantic/200402/pdf00000.pdf .

[Ranta, Angelov, Hallgren, 2010] Ranta, A., K. Angelov, T. Hallgren: *Tools for Multilingual Grammar-Based Translation on the Web*, In Proceedings of the ACL 2010 System Demonstrations, pp. 66-71, 2010.

[Shieber et.al., 1990] Shieber, S.M., van Noord, G., Pereira, F. C. N. and Moore, R.C., *Semantic head-driven generation*, Computational Linguistics 16(1), 1990, 30-42.

[Simov and Osenova, 2007] Simov K., P. Osenova: *Applying Ontology-Based Lexicons to the Semantic Annotation of Learning Objects*. In: Proceedings of the Workshop on NLP and Knowledge Represenattion for eLearning Environments, RANLP-2007, 49-55.

[Simov and Osenova, 2008] Simov K., P. Osenova: *Language Resources and Tools for Ontology-Based Semantic Annotation*, In: Al. Oltramari, L. Prévot, Chu-Ren Huang, P. Buitelaar, P. Vossen, Eds. Proc. of the OntoLex Workshop at LREC'2008, 2008, 9-13.

[Simov et.al., 2001] Simov K., Z. Peev, M. Kouylekov, A. Simov, M. Dimitrov, A. Kiryakov: *CLaRK - an XML-based System for Corpora Development*, In: Proceedings of the Corpus Linguistics Conference, 2001, pp. 558-560.

[Simov et.al., 2002] Kiril Simov, Milen Kouylekov, Alexander Simov, *Cascaded Regular Grammars over XML Documents*, In: Proceedings of the 2nd Workshop on NLP and XML (NLPXML-2002), Taipei, Taiwan. September, 2002. pages 51-58.

[Teich, 1999] Elke Teich: *Systemic functional grammar in Natural Language Generation: linguistic description and computational representation*, Cassell, London, 1999.

Abstracts of Dissertations

Number 2, 2015

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 2, 2015

Автореферати на дисертации