



UO'K: 81.36:81'1:004.94

Madina JO'RAQULOVA,
O'zbekiston Milliy universiteti o'qituvchisi
E-mail: madinasubxonovna0993@gmail.com

O'zMU professori, f.f.d. N.Abduraxmonova taqrizi asosida

POSSIBILITIES OF CREATING A FORMAL GRAMMATICAL MODEL OF THE UZBEK LANGUAGE AND ITS APPLICATION IN LANGUAGE TECHNOLOGIES

Annotation

This article analyzes the theoretical foundations of creating a mathematical model for the formal grammar of the Uzbek language and examines the possibilities of applying this model in modern language technologies. This article examines the current principles and rules of formalization in linguistics based on experimental grammatical rules. In order to identify scientific approaches suitable for the creation of formal grammar of the Uzbek language, the existing types of formal grammar in the world were analyzed. Below are a number of theories, basic methods, their advantages and disadvantages, which can be used in the creation of syntactic formal grammar of the Uzbek language.

Key words: Formal grammar, context-free grammar, universal dependency grammar, transformer model, probabilistic grammar, modeling.

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ФОРМАЛЬНОЙ ГРАММАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЗБЕКСКОГО ЯЗЫКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В ЯЗЫКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Аннотация

В данной статье анализируются теоретические основы создания математической модели для формальной грамматики узбекского языка и рассматриваются возможности применения этой модели в современных языковых технологиях. В статье рассматриваются существующие в настоящее время в лингвистике принципы и правила формализации на основе экспериментальных грамматических правил. С целью определения подходящих научных подходов к созданию формальной грамматики узбекского языка были проанализированы существующие в мире типы формальной грамматики. Ниже приведены несколько теорий, основные методы, их преимущества и недостатки, которые можно использовать при создании синтаксической формальной грамматики узбекского языка.

Ключевые слова: Формальная грамматика, контекстно-свободная грамматика, универсальная подчиненная грамматика, вероятностная грамматика, моделирование.

O'ZBEK TILINING FORMAL GRAMMATIKA MODELINI YARATISH VA UNI TIL TEKNOLOGIYALARIDA QO'LLASH IMKONIYATLARI

Annotatsiya

Ushbu maqolada O'zbek tilining formal grammatikasi uchun matematik modelini yaratishning nazariy asoslari tahlil qilinadi hamda bu modelni zamonaviy til texnologiyalarida qo'llash imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Maqolada tajribaviy grammatik qonun-qoidalar asosida tilshunoslikda hozirda mavjud formallashtirish tamoyil va qoidalari ko'rib chiqildi. O'zbek tilining formal grammatikasini yaratish uchun mos keladigan ilmiy yondashuvlarni aniqlash maqsadida jahonda mavjud formal grammatika turlari tahlil qilindi. Quyiya o'zbek tilining sintaktik formal grammatikasini yaratishda qo'llash mumkin bo'lgan bir qancha nazariyalar, asosiy metodlar, ularning afzallik va kamchiliklari ochib berildi.

Kalit so'zlari: Formal grammatika, Erkin kontekstli grammatika, Universal tobelanish grammatikasi, transformer yondashuv, ehtimoliy grammatika, modellashtirish.

Kirish. Ma'lumki, matematik mantiq, matematik lingvistikaning rivojlanishi natijasida Formal grammatika nazariyasi vujudga keldi. Grammatikani formallashtirish (lotincha "forma" – "shakl", "tashqi ko'rinish") konsepsiyasining asoschisi amerikalik tilshunos Noam Chomskiydir. Formal grammatika abstrakt belgilar orqali yaratiladigan grammatika bo'lib, unda til qoidalari, so'z yasalishi, birikma va gap qurilishi turli xil lingvistik modellar, struktur sxemalar yordamida ifodalanadi [1]. Formallashtirish – bu bilimlar majmuasi va mazmunini sun'iy til belgilari orqali aniq va tizimli ifodalash jarayonidir. Grammatik birliklarni formallashtirish tamoyillari XX asrning o'rtalaridan boshlab jadal

rivojlanib, til strukturasi elementlarini aniqlashtirish hamda ularni formal parametrlar asosida tavsiflashga xizmat qildi. Ushbu yondashuv tilshunoslikda mavjud bo'lgan nazariy bilimlarni kompyuterga moslashtirish, ya'ni lingvistik modellarni hisoblash texnologiyalariga integratsiya qilish imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan. Grammatik qoidalarning ontologik modellarini aniqlash orqali o'zbek tilining kompyuter tahlil qila oladigan dasturiy ta'minot uchun matematik mantiqqa asoslangan formal grammatikasi yaratilishi zarur.

Ko'plab xalqaro tillar (ingliz, nemis, fransuz, rus tillari) uchun grammatik qoidalarning formal modellari ishlab chiqilgan, mazkur tillar uchun Erkin kontekstli

grammatika hamda Tobelanuvchi grammatika nazariyalari asosida tabiiy tilni qayta ishlash uchun mo'ljallangan tahlil tizimlari yaratilgan [2]. O'zbek tilida tabiiy tilni qayta ishlash doirasida bajarilgan aksariyat ishlarda so'zlarning morfologik tahlilini amalga oshirishga asosiy e'tibor qaratilgan, hozirda o'zbek tili grammatikasi bo'yicha mavjud nazariy bilimlar asosida tilning formal modelini yaratish, Tabiiy tilni qayta ishlash va sun'iy intellekt sohalari o'zbek tilida ishlaydigan tizimlar uchun asosiy strukturani ishlab chiqish, sintaktik parsing algoritmlarini, shuningdek, o'zbek tilining sintaktik va semantik formal modelini yaratish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi – o'zbek tilining grammatik tuzilmasini formal qoidalar yordamida modellash va bu orqali tabiiy tilni kompyuter uchun mos shaklga keltirishga xizmat qiladigan ilmiy poydevor yaratishdir.

Adabiyotlar tahlili. O'zbek tili morfologik va sintaktik jihatdan murakkab til. O'zbek tilining formal grammatikasini yaratish uchun mos keladigan ilmiy yondashuvni aniqlash muhim. Quyida o'zbek tilining sintaktik formal grammatikasini yaratishda qo'llash mumkin bo'lgan bir qancha nazariyalar, asosiy metodlar ularning afzallik va kamchiliklari tahlil qilinadi.

Erkin kontekstli grammatika (Context-free grammar CFG).

Erkin kontekstli grammatika Noam Xomsky tomonidan ishlab chiqilgan va u uchinchi darajali grammatikalardan biridir [7]. Erkin kontekstli grammatika tilni ishlab chiqishda, har bir qoidani quyidagicha tavsiflaydi:

Qoidalar: $A \rightarrow B$, bu yerda A — til kategoriyasi, B esa uni tashkil etadigan til birliklaridan iborat.

Erkin kontekstli grammatikaning eng muhim komponentlari quyidagilardan iborat:

terminal belgilar to'plami (Σ): so'zlar yoki belgilar to'plami;

no-terminal belgilar to'plami (N): oraliq grammatik ifodalar (masalan: S – gap, NP – ot birikmasi);

boshlang'ich belgilar (S): butun grammatik strukturani boshlovchi belgilar;

qoidalar to'plami (R): rewrite rules – masalan, $S \rightarrow NP VP$ (gap ot birikmasi va fe'l birikmasidan iborat bo'ladi);

grammatika (G).

Formal grammatika strukturasi ko'pincha 4-tuple shaklida ifodalanadi:

$G = (N, \Sigma, P, S)$

Erkin kontekstli grammatika tilni tavsiflashda murakkab va noaniq tuzilmalarni qamrab oladi. Masalan, sinonimlar, antonimlar va boshqa murakkab iboralar, shuningdek, uzun va qisqa gaplarni tasvirlash uchun ham erkin kontekstli grammatikadan foydalanish mumkin. Uning asosiy xususiyati shundan iboratki, u orqali tilning har qanday sintaktik tuzilishini tasvirlash mumkin. U ko'plab tillarni modellashtirishda, shu jumladan, tabiiy tillarni (masalan, ingliz yoki rus tillari) tahlil qilishda qo'llaniladi. Erkin kontekstli grammatika har biri til belgilarini guruhlash va tartibga solish usullarini ifodalovchi qoidalar yoki hosilalar to'plamidan, shuningdek, so'zlar va belgilar to'plamidan iborat. Erkin kontekstli grammatika o'zbek tilidagi sodda gaplar strukturasi ifodalash uchun qo'llaniladi. Erkin kontekstli grammatika turli strukturalarni va ularning o'zaro aloqalarini ochib berishga mo'ljallanganligi uchun ham

murakkab va keng qamrovli tizimlarni tasvirlash uchun ishlatiladi.

Universal tobelanish grammatikasi (UD). Tilshunoslikda tobelanish nazariyasi (jahon tilshunosligida Universal Dependency)ning yaratilishi J.Nivre, D.Zeman, de Marneffe, D.Man kabi tadqiqotchilarning nomi bilan bog'liq bo'lib, [8], mazkur nazariyaga 2014-yilda asos solingan. Mazkur olimlarning ishlarida Universal tobelanish nazariyasining lingvistik asosi, tamoyillari va modelini ishlab chiqish borasida, shuningdek, barcha tillar uchun umumiy sintaktik annotatsiya tizimini yaratish orqali turli tizimli tillarning sintaktik xususiyatlarini bir xil ko'rinishda ifodalash borasida ko'plab ishlar amalga oshirildi. O'zbek tilshunosligida Universal tobelanish nazariyasiga asoslangan tahlil qilish usullari tadqiqotlarda atroflicha yoritilgan, ayniqsa, 2019-yilda A.Axundjanova va L.Talamo tomonidan o'zbek tilidagi birinchi Uzbek-UT (Uzbek Universal Treebank) daraxt bankining yaratilishi kompyuter lingvistikasi hamda tabiiy tilni qayta ishlash sohasidagi muhim qadamlardan biri bo'ldi. Bunda gaplar o'zaro bog'langan so'zshakllar iyerarxiyasi sifatida ko'riladi va har bir so'z boshqa so'zga qanday sintaktik munosabatda ekanligi aniqlanadi. Jahon tilshunosligida sintaktik birliklarning semantik va strukturaviy munosabatlari an'anaviy tilshunoslik tamoyillariga asosan Universal tobelanish nazariyasida ham bu munosabatlarni tahlil qilishda tayanch birlik sifatida so'zlar olinadi. So'zlar universal sintaktik bog'lanish tizimidagi asosiy elementlar bo'lib, ular morfo-sintaktik munosabatlarga kirishadi. So'zlarning sintaktik tizimdagi ustunligi esa leksik yaxlitlik tamoyili bilan belgilanadi. Ushbu tamoyilga muvofiq, turli morfemik elementlardan tashkil topuvchi birlik – so'zshakl sintaktik sath birliklaridan farqlanadi. Universal tobelanish qonuniyatiga ko'ra, leksik va grammatik birliklarni tillararo izchil tarzda tasniflash va tavsiflash jarayonida ayrim murakkabliklar, xususan, qo'shma so'zlar bilan bog'liq, bitta so'z bir necha sintaktik vazifalarni bajargan birliklar tahliliga aloqador muammolar yuzaga kelishiga qaramay, bu yondashuv so'zlarni kichik tarkibiy qismlarga — morfemalarga ajratish o'rni ularni yaxlit leksik birlik sifatida belgilash prinsipiga asoslanadi. Bunday yondashuv nafaqat Universal tobelanish tizimining qo'llash imkoniyatlarini oshiradi, balki tadqiqot obyekti bo'lgan tillar doirasini ham sezilarli darajada kengaytiradi.

Gibrid yondashuvlar. Tabiiy tilni formal modellashtirishda bir nechta turdagi formal grammatika yondashuvlarini birlashtirgan, murakkab lingvistik hodisalarni yanada chuqurroq tavsiflashga xizmat qiladigan yondashuvlardan biri. O'zbek tilining formal grammatikasini yaratishda gibrid modellarga ham murojaat qilish yuqori samara berishi mumkin. Formal grammatika uchun gibrid yondashuv – bu turli formal grammatika modellarining kuchli tomonlarini birlashtirish orqali til strukturasi va uning analizini yanada mukammal tarzda ifodalashga qaratilgan yondashuvdir [9]. Gibrid yondashuv aynan bitta formal grammatika turi bilan cheklanmaydi. Aksincha, turli modellarning afzalliklaridan foydalanadi. Masalan, sintaktik struktura uchun erkin kontekstli grammatikadan, morfologik tahlil uchun xususiyatli (feature-based) grammatika tizimidan, semantik tahlil uchun esa tobelanuvchi grammatika (dependency grammar) elementlaridan foydalanish mumkin.

Gibrid modellar ko'p darajali tahlil imkoniyatiga ega bo'lib, bu yondashuv til birliklarini bir vaqtning o'zida sintaktik, morfologik va semantik xususiyatlariga ko'ra tahlil qilish imkonini beradi. Shuning uchun gibrid

modellar tabiiy tilni qayta ishlash (NLP), avtomatik tarjima, matnni teglash va korpus lingvistikasi kabi sohalarda keng qo'llaniladi. Har bir tabiiy til o'ziga xos sintaktik va morfologik xususiyatlarga ega, gibrid modellar asosida yaratilgan formal grammatika esa tillarning turli farqli xususiyatlariga moslashish imkonini beradi. Bu esa ko'p tili (multilingual) tizimlar uchun qulay va samarali. Gibrid yondashuv an'anaviy formal grammatika modellarining ayrim kamchiliklarini bartaraf etib, tabiiy til birliklarini to'g'ri va aniq modellashtirish imkonini yaratadi. Bu kabi modellardan gapda so'z tartibi erkin bo'lgan tillarda foydalanish yuqori samara beradi. Gibrid modellar tabiiy tilning murakkab strukturalarini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Shuningdek, formal grammatikaning bu turi orqali formal sintaksis va semantik tahlilni birgalikda amalga oshirish mumkin. Yaqin yillarda o'zbek tiliga oid yondashuvlarda gibrid modellarga murojaat qilinmoqda. Bunda Erkin kontekstli grammatika asosida dastlabki tuzilma beriladi, lekin u morfologik analiz (lemmatizatsiya, POS tagging) orqali kuchaytiriladi [10]. Formal grammatikada gibrid modellardan foydalanish yuzasidan Bresnan J. (2001), Steedman M. (2000), Pollard C. & Sag I. A. (1994), Bohnet B. (2013), Bos J. (2015) kabi bir qator tadqiqotchilar izlanish olib borishgan.

Formal grammatika uchun ehtimoliy grammatika (probabilistic grammar). Bunda har bir grammatik qoidaga ehtimollik qiymati bog'lanadi va eng muqobil sintaktik tuzilma tanlanadi. Ehtimoliy qoidalar tabiiy til hodisalarini ehtimollik asosida qanday strukturada modellashtirish mumkinligini aniqlashga xizmat qiladi. Bu model, ayniqsa, bir nechta grammatik variant mavjud bo'lgan holatlarda foydalidir.

Formal grammatikada transformer yondashuv. 2018-yilda Google tomonidan ishlab chiqilgan BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) modeli NLP sohasida inqilob yasadi. BERT modeli matnni ikki tomonlama (chapdan va o'ngdan) o'qiydi, ya'ni so'zlarning matndagi kontekstual bog'lanishini chuqur tushunadi. Masalan, BERT modeli matnlarni tasniflash, sentiment tahlil qilish, matn yaratish kabi ko'plab vazifalarni bajarish imkonini beradi. Shuningdek, BERT modeli matnlarni tasniflash tizimini ishlab chiqishda eng samarali usullardan biridir. BERT modeli qidiruvda kontekstdagi so'zlarning butun to'plamidan foydalanish imkonini berishi bilan ham boshqa til modellaridan farqlanadi. BERT modeli tilni taqdim etishning ilgari taklif etilgan modellaridan farqli ravishda, barcha qatlamlarda chap va o'ng kontekstni birgalikda hisobga olib, yorliqsiz matndan chuqur ikki yo'nalishli tasvirlarni oldindan tayyorlash uchun mo'ljallangan. Shu bois, ushbu modelga ba'zi arxitektura o'zgartirishlari kiritish orqali uni matnni tasniflash, histuyg'ularni tahlil qilish, spamni aniqlash, savollarga javob berish kabi turli tabiiy tilni qayta ishlash vazifalarida samarali qo'llash mumkin. BERT modeli:

har bir so'zning kontekstual vektor ifodasini yaratadi; tonallik, tasniflash, savol-javob, tarjima kabi topshiriqlarda yuqori aniqlikka ega; oldindan o'qitilgan (pretrained) model bo'lib, uni yangi ma'lumotlarga moslashtirish oson.

Hozirda transformer arxitekturalari asosidagi modellar bilan sintaktik tahlilni birlashtirish ishlari amalga oshirilmoqda. O'zbek tili uchun tayyorlangan BERT model

1-jadval. Olingan natijalar

Ko'rsatkich	Qiymat
Umumiy gaplar soni	20 ta

variantlari (UzBERT, BekBERT) POS tagging va dependency parsing bilan birga qo'llanilmoqda.

Tahlil va natijalar. Yuqorida sanab o'tilgan formal grammatika yondashuvlari o'zbek tili formal grammatikasini yaratishda nazariy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin. Har bir formal grammatika turining afzallik va kamchilik tomonlari bo'lib, murakkab gaplarning formal modelini ishlab chiqishda gibrid yoki tobelanish asosidagi metodlardan foydalanish samarali natijalarni beradi. Maqola doirasida Erkin kontekstli grammatika asosidagi boshlang'ich sintaktik tahlil algoritmlarini yaratish tajribasi taqdim etilgan bo'lsa-da, kelgusida o'zbek tilining ehtimoliy (probabilistic) yoki gibrid grammatik tizimlar asosidagi formal modellarini yaratish zarur, deb hisoblaymiz.

Ma'lumki, o'zbek tilining agglutinativ xususiyati murakkab bo'lib, so'zning morfotaktik holatida bir paytning o'zida ko'p qo'shimchalar ketma-ket keladi, hatto bir so'zga 30 tagacha qo'shimcha qo'shilishi mumkin, bu esa grammatik strukturani avtomatlashtirish ishini birmuncha murakkablashtiradi. Shuningdek, formal grammatika yaratishda to'liq annotatsiyalangan matnlar korpusi zarur. Ingliz tili va o'zbek tili tuzilishi bir-biridan keskin farq qilganligi bois, formal grammatikada transformer yondashuv (masalan, inglizcha BERT'dan foydalangan holda o'zbek tiliga o'tish) bu muammoni chuqur hal qilolmaydi. Bundan tashqari, o'zbek tilidagi grammatik qoidalarining matematik jihatdan modellashtirilmaganligi kabi qator muammolar o'zbek tilining formal grammatikasini yaratishda qiyinchilik tug'dirmoqda.

Shuningdek, formal grammatikaning ayrim cheklavlari ham mavjud. Eng asosiy muammolardan biri – so'zlarning ko'pma'noliligi bo'lib, bunday holatlar doim ham qat'iy grammatik qoidalarga mos kelavermaydi. Shu bilan birga, norasmiy so'zlashuv uslubida qo'llaniladigan gaplarning notekis va murakkab tuzilmalari, tilning erkinligi, kontekstga bog'liqligi formal tahlilni biroz qiyinlashtiradi.

Formal grammatika modelining muhim afzalliklaridan biri – uning amaliy dasturlash tillarida oson implementatsiya qilinishi, xususan Python dasturlash tilidagi nltk yoki lark-parser kutubxonalari orqali parser yaratish imkoniyati mavjudligidadir. Bu jihat uni ilmiy tadqiqotlardan tashqari, ko'plab amaliy maqsadlarda – masalan, chatbotlar, avtomatik tarjima tizimlari, ta'limiy grammatik tahlil platformalari kabi ishlanmalarda ham keng qo'llash imkonini beradi.

Tajribada Python dasturlash tilining nltk kutubxonasi yordamida Erkin kontekstli grammatika qoidalariga asoslangan sintaktik tahlil (parsing) jarayoni amalga oshirildi. Tajriba uchun 20 ta o'zbek tilidagi oddiy gaplar tanlab olindi.

Model quyidagi asosiy qoidalar to'plamiga asoslandi (qisqargan shaklda):

```
python-repl
S → NP VP
NP → Det N
VP → V | V NP | V AdvP
```

...

Sintaktik tahlil natijasida har bir gap uchun tahlil daraxti qurildi. Tahlil natijalari asosida quyidagi mezonlar bo'yicha baholash amalga oshirildi:

To'g'ri tahlil qilingan gaplar	15 ta (75%)
Xatoga uchragan gaplar	5 ta (25%)
O'rtacha tahlil vaqti	0.08 soniya
Xatolik sabablari	so'z tartibidagi erkinlik, qo'shma gaplar, modal so'zlar

Natijalar shuni ko'rsatdiki, model oddiy strukturadagi gaplar uchun 75% aniqlik bilan ishlay oldi. Ammo qo'shma gaplar, modal so'zlar bilan ifodalangan so'z-gaplar, gap bo'laklarining o'zni o'zgargan gaplarda parser tahlilni amalga oshira olmadi.

2-jadval.

Model turi	Tezligi(%)	F1-score	Tahlil tezligi
Erkin kontekstli grammatika (nlTK)	75%	0.72	80ms
UzBERT (fine-tuned)	91%	0.89	120ms

Natijalar shuni ko'rsatdiki, Erkin kontekstli grammatika modeli sintaktik aniqlikda mustahkam poydevor bo'lib xizmat qilsa-da, kontekstga asoslangan hamda semantik jihatdan chuqurroq tahlil uchun UzBERT modeli yuqori natijaga erishishda ancha samaraliroq.

Xulosa va takliflar. Formal grammatik modelni yaratishda quyidagi yondashuvdan foydalanish maqsadga muvofiq:

o'zbekcha matnlarni sintaktik tahlil qilishda tobelik nazariyasiga asoslangan o'zbek tilining formal grammatikasini ishlab chiqish;

Shuningdek, tahlil jarayonida Erkin kontekstli grammatika asosida qurilgan modelning natijalari UzBERT texnologiyasi asosida tuzilgan fine-tuned klassifikatsion model natijalari bilan taqqoslandi.

har bir gap turiga mos qoidalar ishlab chiqilishi. Tanlab olingan obyektlar(matnlar) doirasida ularning matematik modeli yaratiladi va neyrotarmoqda mashina tarjimai yordamida matn tahlil qilish bosqichlarida tajribada tekshiriladi;

grammatik nazariyalar tahlilga tortilib o'zbek tilining tabiatidan kelib chiquvchi lingvistik sathlar yuzasidan ilmiy teoremlar yaratiladi.

ADABIYOTLAR

1. Abduraxmonova N. Kompyuter lingvistikasi (darslik), Toshkent: Nodirabegim, 2021. - B. 400
2. Abdurakhmonova N. Dependency parsing based on Uzbek Corpus. In Proceedings of the International Conference on Language Technologies for All (LT4All) 2019.
3. Abdurakhmonova, N. Z., Ismailov, A. S., & Mengliev, D. (2022, November). Developing NLP Tool for Linguistic Analysis of Turkic Languages. In 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON) (pp. 1790-1793). IEEE.
4. Abdurakhmonova, N. (2021). Formal-Functional Models of The Uzbek Electron Corpus. ANGLISTICUM. Journal of the Association-Institute for English Language and American Studies, 10(8), 59-66.
5. Abdurakhmonova, N., Tuliyeu, U., Ismailov, A., & Abduvahobo, G. (2022). UZBEK ELECTRONIC CORPUS AS A TOOL FOR LINGUISTIC ANALYSIS. In Компьютерная обработка тюркских языков. TURKLANG 2022 (pp. 231-240).
6. Noam Chomskiy. Syntactic structures.-Paris: Mouton, 1957.-P.13
7. Chomsky N. Three models for the description of language //IRE Transactions on information theory. - 1956. - T. 2. - №. 3. - C. 113-124.
8. De Marneffe M. C. et al. Universal dependencies //Computational linguistics. - 2021. - T. 47. - №. 2. - C. 255-308.
9. Linares D., Benedi J. M., Sánchez J. A. A hybrid language model based on a combination of n-grams and stochastic context-free grammars //ACM Transactions on Asian Language Information Processing (TALIP). - 2004. - T. 3. - №. 2. - C. 113-127.
10. Abney S. Dependency grammars and context-free grammars //Manuscript, University of Tubingen. - 1994.