

GRAMMATIKALAR TURLARI: KONTEKST-ERKIN VA REGULYAR GRAMMATIKA.

Onarqulov Maqsadjon Karimberdiyevich

Farg‘ona Davlat Universiteti amaliy matematika va informatika kafedrası dotsenti Gmail: maxmaqsad@gmail.com

Yusupov Mirsaid Abdulaziz o‘g‘li

Farg‘ona davlat unversiteti amaliy matematika va informatika Kafedrası o‘qituvchisi Gmail: mirsaidbeky@gmail.com

Habibjonov Behruz Bahodur zoda

Farg‘ona davlat universiteti 3-bosqich talabasi
Gmail: habibjonovbehruz0@gmail.com

Annotatsiya: Grammatikalar – bu tilning tuzilishini tartibga soluvchi qoidalar to‘plamidir. Tillarni o‘rganish va tushunishda grammatikalar muhim rol o‘ynaydi, chunki ular so‘zlarning tuzilishini, ulardan qanday qilib to‘g‘ri va mantiqiy jumlar qurilishi mumkinligini belgilaydi. Grammatika sohasida eng muhim tushunchalardan biri — kontekst-erkin va regulyar grammatika hisoblanadi. Kontekst-erkin grammatika (CFG) va regulyar grammatika (RG) formal grammatikalar turkumiga kiradi, lekin ularning ishlash printsiplari va cheklovlari farqlidir. Kontekst-erkin grammatika har qanday tilning tuzilishini tavsiflash uchun ishlatiladigan eng umumiy grammatikalardan biridir va u mantiqiy tuzilmalarni (jumlar va iboralar) ishlab chiqishda keng qo‘llaniladi. Bu grammatikalarda har bir qoidada faqat bir o‘zgarma ma‘no mavjud bo‘lib, u so‘zlar orasidagi tartibni belgilaydi va ular orasidagi bog‘lanishni o‘zgartirish imkoniyatini beradi. Regulyar grammatika esa ko‘proq cheklangan va sodda bo‘lib, u avtomatik tahlil qilish va tilni tasvirlash uchun ishlatiladi. Bu grammatikalarda so‘zlarning tarkibini tasvirlaydigan soddalashtirilgan qoidalar mavjud bo‘lib, ular bir vaqtning o‘zida ko‘plab imkoniyatlarni taqdim etmaydi.

Kalit so‘zlar: kontekst-erkin grammatika, regulyar grammatika, formal grammatika, til tuzilishi, avtomatik tahlil, tilda ishlatish, tilshunoslik, sun‘iy intellekt, sintaksis, grammatik qoidalar, til tizimlari, kompyuter fanlari.

Annotation: Grammars are a set of rules that govern the structure of a language. Grammars play an important role in the study and understanding of languages, as they determine the structure of words and how they can be used to construct correct and logical sentences. One of the most important concepts in the field of grammar is context-free and regular grammar. Context-free grammar (CFG) and regular grammar (RG) are both formal grammars, but their operating principles and limitations are different. Context-free grammar is one of the most general grammars used to describe the structure of any language and is widely used to develop logical

structures (sentences and phrases). In these grammars, each rule has only one fixed meaning, which determines the order of words and allows you to change the connections between them. Regular grammars are more limited and simpler, and are used for automatic analysis and language description. These grammars have simplified rules that describe the composition of words, and they do not offer many possibilities at once.

Keywords: context-free grammar, regular grammar, formal grammar, language structure, automatic analysis, language usage, linguistics, artificial intelligence, syntax, grammatical rules, language systems, computer science.

Аннотация: Грамматика — это набор правил, управляющих структурой языка. Грамматики играют важную роль в изучении и понимании языков, поскольку они определяют структуру слов и то, как их можно использовать для построения правильных и логичных предложений. Одной из важнейших концепций в области грамматики является контекстно-свободная и регулярная грамматика.

Контекстно-свободная грамматика (CFG) и регулярная грамматика (RG) являются формальными грамматиками, но их принципы работы и ограничения различны. Контекстно-свободная грамматика является одной из самых общих грамматик, используемых для описания структуры любого языка, и широко применяется для разработки логических структур (предложений и фраз). В этих грамматиках каждое правило имеет только одно фиксированное значение, которое определяет порядок слов и позволяет изменять связи между ними. Регулярные грамматики более ограничены и просты и используются для автоматического анализа и описания языка. Эти грамматики имеют упрощенные правила, описывающие состав слов, и не предлагают много возможностей одновременно.

Ключевые слова: контекстно-свободная грамматика, регулярная грамматика, формальная грамматика, структура языка, автоматический анализ, использование языка, лингвистика, искусственный интеллект, синтаксис, грамматические правила, языковые системы, информатика.

Kirish

Grammatika tilshunoslikning eng muhim asosiy tushunchalaridan biridir. U tilning tuzilishini, soʻzlar va iboralar orasidagi munosabatlarni, ularning mantiqiy va sintaktik tashkilotini aniqlaydi. Grammatikalar turli xil tilda ishlatiladigan qurilishlarni tavsiflashda muhim ahamiyatga ega boʻlib, ular koʻplab ilmiy sohalarda, ayniqsa kompyuter fanlari va sunʼiy intellektda keng qoʻllaniladi. Grammatikalar ikki asosiy turga boʻlinadi: kontekst-erkin grammatikalar (CFG) va regular grammatikalar (RG). Bu ikki tur oʻrtasidagi farqlar ularning ishlash prinsiplari, moslashuvchanligi va tasvirlanuvchi til tizimlarining murakkabligi bilan bogʻliqdir. Kontekst-erkin

grammatika murakkab va keng qamrovli tizimlarni tasvirlash uchun ishlatiladi, chunki u ko'proq turli strukturalarni va ularning o'zaro aloqalarini qamrab oladi. Aksincha, regulyar grammatika sodda va cheklangan til tizimlarini tavsiflash uchun mo'ljallangan bo'lib, asosan avtomatik tahlil qilish va tilni soddalashtirilgan tarzda modellashda qo'llaniladi. Ushbu ishda kontekst-erkin grammatika va regulyar grammatikalar o'rtasidagi farqlar, ularning asosiy xususiyatlari, qo'llanilish sohalari va amaliy ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, grammatikalarning sun'iy intellekt va tilni avtomatik tahlil qilishda qo'llanilishi ham yoritiladi. Bu mavzu, tilshunoslik va kompyuter fanlari sohasida grammatikalar turkumlarining qanday ishlashini va ularning yutuqlarini tushunishga yordam beradi.

Maqsad va savollar:

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi kontekst-erkin grammatika (CFG) va regulyar grammatika (RG) turlarini o'rganish, ularning xususiyatlarini taqqoslash va ularning tilni tasvirlashdagi o'rni va ahamiyatini tahlil qilishdir. Tadqiqot, shuningdek, har ikki grammatik turining asosiy farqlari, ularning avtomatik tahlil va sun'iy intellekt tizimlarida qo'llanilishiga doir ma'lumotlarni taqdim etadi.

Tadqiqot savollari:

1. Kontekst-erkin grammatika va regulyar grammatika o'rtasidagi asosiy farqlar nimalardan iborat?

○ Ushbu savol kontekst-erkin grammatika va regulyar grammatika o'rtasidagi sintaktik va semantik farqlarni aniqlashni maqsad qilgan.

2. Kontekst-erkin grammatika qanday tildagi tuzilmalarni tasvirlashda samarali hisoblanadi?

○ Bu savol kontekst-erkin grammatikalarning amaliy qo'llanilishi va uning til tizimlarining murakkablik darajasiga ta'sirini o'rganishga qaratilgan.

3. Regulyar grammatika qaysi tilda va qanday holatlarda qo'llanadi?

○ Regulyar grammatikaning ishlash printsipi va uning oddiy til tizimlarida qo'llanilishiga oid savol.

4. Kontekst-erkin va regulyar grammatikalar sun'iy intellekt va avtomatik tahlil qilishda qanday ishlatiladi?

○ Bu savol, grammatikalar turkumlarining amaliy ilovalarini o'rganishga qaratilgan bo'lib, ularning tilni avtomatik ravishda tahlil qilishda qanday ishlatilishini ko'rsatadi.

5. Kontekst-erkin grammatika va regulyar grammatikaning tilshunoslik va kompyuter fanlarida qo'llanilishidagi farqlar qanday?

○ Tadqiqotning ushbu savoli ikki grammatik turining turli sohalardagi samaradorligini va qo'llanilishining ijtimoiy va ilmiy ahamiyatini tushunishga yordam beradi.

Nazariy tadqiqot

Grammatikalar formal tizimlarni tasvirlash va tahlil qilishda muhim rol o'ynaydi. Formal grammatika, tilning tuzilishini matematik tarzda ifodalashga imkon beradi va bu tizimlar orqali tilni avtomatik tarzda tahlil qilish, ishlov berish va modellashtirish mumkin. Kontekst-erkin grammatika (CFG) va regulyar grammatika (RG) formal grammatikalar turkumiga kiradi va ularning o'ziga xos xususiyatlari bor. Nazariy jihatdan, har bir grammatik tur tilni tasvirlashda qanday yondashuvlarga asoslanishini va ularning cheklovlarini ko'rsatadi.

1. Kontekst-erkin grammatika (CFG)

Kontekst-erkin grammatika 1950-yillarda Noam Chomsky tomonidan ishlab chiqilgan va u to'rtinchi darajali grammatikalardan biri sifatida tanilgan. CFG tilni ishlab chiqishda, har bir qoidani quyidagi tarzda ta'riflaydi:

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

- Murakkablik: CFG tilni tasvirlashda murakkab va noaniq strukturalarni o'z ichiga oladi. Masalan, sinonimlar, antonimlar va boshqa murakkab iboralar, shuningdek, uzoq va qisqa jummalarni tasvirlash uchun CFGdan foydalanish mumkin.

CFGning asosiy xususiyati shundaki, u tilning har qanday sintaktik tuzilishini tasvirlash imkonini beradi. U ko'plab tillarni modellashtirishda, shu jumladan tabiiy tillarni (masalan, ingliz yoki rus tillari) tahlil qilishda ishlatiladi. CFG ko'plab kompyuter ilovalarida, jumladan, tabiiy tilni qayta ishlash va tarjima qilishda qo'llaniladi.

2. Regulyar grammatika (RG)

Regulyar grammatika esa ko'proq cheklangan tizimlarni tasvirlash uchun ishlatiladi. U tilni soddalashtirilgan qoidalar yordamida tasvirlaydi. RGning asosiy xususiyati — uning soddaligi va tilning minimal tuzilishlarini modellashga qaratilganligi. RGda quyidagi tuzilmalar mavjud:

- Qoidalar: $A \rightarrow aB$ yoki $A \rightarrow a$, bu yerda " A " — tilning kategoriyasi, " a " — terminal simvoli, " B " esa boshqa til kategoriyasi.

- Cheklovlar: Regulyar grammatika faqatgina to'g'ri keluvchi jumlar va iboralar bilan ishlaydi. U juda sodda va ko'p hollarda murakkab sintaktik tuzilmalarni tasvirlay olmaydi.

RG ko'proq tilning sodda va soddalashtirilgan tuzilmalarini tasvirlash uchun ishlatiladi. Misol uchun, kompyuter tarmoqlaridagi protokollarni, shuningdek, kodlash va matnni tahlil qilishda ishlatiladi. RG oddiy tahlil qilish tizimlarida qo'llaniladi, chunki ular yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.

3. CFG va RG o'rtasidagi farqlar

Kontekst-erkin grammatika va regulyar grammatika o'rtasidagi farqlar quyidagicha:

- Murakkablik: CFG ko'proq murakkab strukturalarni tasvirlaydi va har xil sintaktik tuzilmalarni ko'rsatishga qodir, RG esa faqatgina oddiy tuzilmalarni tasvirlaydi.

- Qoidalarining xususiyati: CFGda qoidalar har qanday o'zgarishni amalga oshirishi mumkin, ya'ni qoidalar o'zgarishlarga oson moslashadi, RGda esa faqatgina ma'lum bir tartibdagi o'zgarishlar mumkin.

- Ilova sohalari: CFG tabiiy tillarni, murakkab matematik strukturalarni, kompyuter tilini va boshqa til tizimlarini tasvirlashda ishlatiladi, RG esa asosan sodda sintaktik strukturalar va avtomatik tahlil tizimlarida ishlatiladi.

4. Grammatikalarning amaliy qo'llanilishi

Kontekst-erkin grammatikalar va regulyar grammatikalar turli sohalarda ishlatiladi. CFG tabiiy tilni qayta ishlash, matnni tahlil qilish, tarjima qilish va sintaksisni modellashda keng qo'llaniladi. RG esa ko'proq kompyuter fanlarida, masalan, avtomatik tahlil qilish tizimlari, kodlash, va ma'lumotlarni qidirish tizimlarida ishlatiladi. Har ikkala grammatik turining o'ziga xos cheklovlari bor, ammo ular birgalikda ko'plab tilshunoslik va kompyuter fanlaridagi vazifalarni hal qilishda muhim rol o'ynaydi.

Amaliy natijalar

Kontekst-erkin grammatika (CFG) va regulyar grammatika (RG) turli xil til tizimlarining modellari va ularni tahlil qilishda samarali vositalar sifatida ishlatiladi. Ushbu grammatikalarning har birining o'ziga xos afzalliklari va cheklovlari mavjud, va bu ularning real dunyo masalalarida qanday qo'llanilishini belgilaydi. Amaliy tadqiqotda CFG va RG ni ko'rib chiqqan holda, ularning turli sohalarda qanday ishlatilishini va ular asosidagi tizimlarning samaradorligini baholash mumkin.

1. Regulyar grammatikalarning amaliy qo'llanilishi

Regulyar grammatika ko'proq cheklangan va sodda tuzilmalarni tasvirlashda qo'llaniladi. RGlarning asosiy afzalliklari – ular soddaligi va samaradorligida. Ular, ayniqsa, quyidagi sohalarda keng qo'llaniladi:

- Matnni qidirish tizimlari: Regulyar grammatika ko'plab matnni qidirish tizimlarida qo'llaniladi, chunki u so'zlarni aniqlash va ularning tartiblarini tekshirish uchun juda samarali va tez ishlaydi. Misol uchun, oddiy qidiruv tizimlari va avtomatik matn tahlili uchun RGdan foydalaniladi.

- Sintaksisni tekshirish: Regulyar grammatika oddiy sintaktik tahlil qilish uchun juda qulay. Masalan, agar siz faqatgina belgilangan so'zlarni yoki ularning aniq tartibini qidirayotgan bo'lsangiz, RG bu vazifani juda tez va samarali bajaradi.

- Kompyuter tarmoqlari va protokollari: RG ko'plab kompyuter tarmog'i protokollarini tasvirlashda ishlatiladi. Masalan, HTTP yoki TCP/IP protokollarining qoidalari RG asosida quriladi, chunki ular nisbatan sodda va qat'iy tartibda o'rnatiladi.

2. Kontekst-erkin grammatikalarning amaliy qo'llanilishi

Kontekst-erkin grammatika murakkab va ko'p qatlamli til tizimlarini tasvirlashda ishlatiladi. CFG, uning ko'p qatlamli va umumiy struktura imkoniyatlari bilan keng qo'llaniladi. Quyidagi sohalarda CFGning amaliy natijalari sezilarli bo'lishi mumkin:

- Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP): CFG tabiiy tillarning sintaktik tuzilmasini tasvirlashda asosiy vosita hisoblanadi. U ingliz, rus, fransuz, yoki boshqa tillarning murakkab sintaksis tizimlarini modellashda ishlatiladi. Masalan, CFG matnni tahlil qilishda, tarjima qilishda va avtomatik grammatika tekshiruvchilarda qo'llaniladi.
- Avtomatik tarjima tizimlari: Tabiiy tilni avtomatik tarjima qilishda CFG asosidagi algoritmlar ishlatiladi, chunki ular bir tilning grammatik tuzilishini boshqasiga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan murakkablikni qo'llab-quvvatlaydi. CFG yordamida bir tilning sintaksisidan ikkinchi tilga o'tkaziladigan ko'plab grammatik qoidalar ishlab chiqiladi.
- Kompyuter tilini yaratish: CFG kompyuter tilining sintaksisini yaratishda ham keng qo'llaniladi. Masalan, kompyuter tillarida, shuningdek, dasturlash tillarining sintaksisini belgilashda CFG ishlatiladi. Hamma dasturlash tillarining sintaksisi bir necha qatlamli bo'lib, CFG bu qatlamlarni aniqlashda yordam beradi.

3. Amaliy natijalar va ularning cheklovlari

CFG va RG ni amaliy qo'llashda yuzaga keladigan ba'zi cheklovlar:

- Regulyar grammatikalarning cheklangan imkoniyatlari: Regulyar grammatika sodda til tuzilmalarini tasvirlashda samarali bo'lsa-da, u murakkab sintaktik tuzilmalar va tilning mantiqiy xususiyatlarini tasvirlay olmaydi. Bu holatlarni tasvirlash uchun CFG kabi murakkab grammatikalar kerak bo'ladi.
- Kontekst-erkin grammatikaning murakkabligi: CFGning imkoniyatlari juda keng, ammo uning amaliy qo'llanilishida ba'zi cheklovlar mavjud. CFG asosida qurilgan tizimlar ko'pincha resurslarga talabchan bo'ladi va hisoblash samaradorligini kamaytirishi mumkin. CFGni amaliyotda qo'llashda ba'zan yuqori hisoblash quvvatiga ega tizimlar talab etiladi.

Natijalarni tahlil qilish Kontekst-erkin grammatika (CFG) va regulyar grammatika (RG) turli tillar va tizimlarni tasvirlashda va tahlil qilishda samarali vositalar sifatida ishlatiladi. Ularning amaliy natijalari va qo'llanilish sohalari tahlil qilinayotganda, har bir grammatik turining o'ziga xos xususiyatlari, afzalliklari va kamchiliklari aniqlanadi. Quyida CFG va RGning amaliy qo'llanilishidan olingan natijalar tahlil qilinadi.

1. Regulyar grammatika (RG)ning samaradorligi

Afzalliklari:

- Tezlik va samaradorlik: RG, uning soddaligi va aniq qoidalarga asoslanishi sababli, juda tez ishlaydi. Avtomatik tahlil va sodda sintaktik tuzilmalarni aniqlashda RG samarali bo'ladi. Masalan, matnni qidirish tizimlarida va kodlashda RGning yuqori samaradorligi kuzatildi.

- Resurslarni tejash: RG cheklangan murakkablikni tasvirlagani uchun, hisoblash resurslariga talablar nisbatan past bo'ladi. Bu, ayniqsa, tezkor tahlil qilish tizimlarida muhimdir.

Kamchiliklari:

- Murakkab tuzilmalarni tasvirlashda cheklovlar: RG faqatgina sodda tuzilmalar bilan ishlaydi. U murakkab sintaktik tuzilmalarni yoki ma'lum bir tildagi semantik xususiyatlarni tasvirlay olmaydi. Misol uchun, kontekstli ifodalar yoki ma'nosiz so'zlar bilan bog'liq tuzilmalarni RGda tasvirlash mumkin emas.

- Xatoliklarni aniqlashdagi cheklovlar: RG tahlil qilishda faqat oddiy qoidalarini qo'llaydi, bu esa ba'zi xatoliklarni aniqlashda kamchiliklarga olib kelishi mumkin.

2. Kontekst-erkin grammatika (CFG)ning samaradorligi

Afzalliklari:

- Murakkab tuzilmalarni tasvirlash imkoniyati: CFG, RGga qaraganda, murakkab sintaktik tuzilmalarni va turli xil grammatik qatlamlarni tasvirlashda juda samarali. CFG tabiiy tilni qayta ishlash va avtomatik tarjima tizimlarida keng qo'llaniladi. Misol uchun, ingliz tilidagi jumlar va ularning sintaksisini CFG yordamida tasvirlash mumkin.

- Keng qo'llanish sohalari: CFG tabiiy tilni qayta ishlash (NLP), dasturlash tillarini ishlab chiqish, avtomatik tarjima tizimlari va boshqa ko'plab murakkab tizimlarni modellashda ishlatiladi. Bu grammatik tur tabiiy tilda murakkab sintaktik strukturalarni to'g'ri tahlil qilish imkonini beradi.

- Sintaksisni chuqur tahlil qilish: CFG yordamida tizimlarning sintaktik tuzilishini chuqurroq tahlil qilish mumkin, bu esa tilda ma'lumotni aniqroq qayta ishlash imkonini beradi.

Kamchiliklari:

- Resurslarga yuqori talablar: CFGning o'ziga xos murakkabligi hisobga olinib, uning ishlov berish tizimlari ko'proq hisoblash resurslarini talab qiladi. Katta hajmdagi matnni tahlil qilishda CFG tizimlari yuqori samaradorlikka ega bo'lmasligi mumkin, chunki ular resurslarni ko'proq iste'mol qiladi.

- Hisoblash samaradorligi: CFGni ishlatishda, ayniqsa murakkab tahlil jarayonlarida, ko'p vaqt va kuch talab etiladi. Bu, ba'zi holatlarda, real vaqt rejimida tizimning samaradorligini pasaytirishi mumkin.

Xulosa: Kontekst-erkin grammatika (CFG) va regulyar grammatika (RG) til modellari va sintaktik tahlil qilishda juda muhim vositalar hisoblanadi. Ularning har biri turli sohalarda samarali ishlatiladi, ammo har birining o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Regulyar grammatika (RG) sodda va tez tahlil qilish uchun juda mos keladi. U matnni qidirish tizimlari, tarmoq protokollari va oddiy sintaktik tahlil jarayonlarida samarali ishlaydi. RGning eng katta afzalligi – uning soddaligi va resurslarga nisbatan past talablari. Biroq, u murakkab tuzilmalar va semantik xususiyatlarni tasvirlashda cheklangan. Kontekst-erkin grammatika (CFG) esa

murakkab sintaktik strukturalarni tasvirlashda va tabiiy tilni qayta ishlashda yuqori samaradorlikni namoyon etadi. CFG tilni chuqurroq tahlil qilish imkonini beradi, bu esa avtomatik tarjima va tabiiy tilni qayta ishlash tizimlarida muhim rol o'ynaydi. CFGning kamchiligi shundaki, u yuqori hisoblash resurslarini talab qiladi va ba'zi tizimlarda samaradorlikni pasaytirishi mumkin. Kontekst-erkin va regular grammatikalarning o'zaro taqqoslanishi shuni ko'rsatadiki, har ikkala grammatik turining imkoniyatlari va cheklovlari mavjud. Ularning amaliy qo'llanilishi, konkret vazifaga va tizimning talablariga qarab tanlanadi. Murakkab va yuqori darajadagi sintaksisni talab qiladigan vazifalarda CFG afzallik beradi, soddalashtirilgan va tezkor tahlilni talab qiladigan vazifalarda esa RG yaxshi natijalar beradi. Umuman olganda, CFG va RGning birgalikdagi ishlatilishi yoki har birining alohida-alohida qo'llanilishi, tilni tahlil qilishda yuqori samaradorlik va tezlikni ta'minlashga yordam beradi. Shunday qilib, bu grammatikalarning har biri turli sohalarda alohida va birgalikda o'zining samarali qo'llanilishi uchun muhim vosita hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Chomsky, N. (1956). Three models for the description of language. IRE Transactions on Information Theory, 2(3), 113-124.
2. Hopcroft, J. E., & Ullman, J. D. (1979). Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. Addison-Wesley.
3. Aho, A. V., & Ullman, J. D. (1971). The Theory of Parsing, Translation, and Compiling, Volume 1: Parsing. Prentice-Hall.
4. Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2021). Speech and Language Processing (3rd ed.). Pearson.
5. Eshghi, A., & Healey, P. G. (2007). A comparison of context-free grammars and regular expressions for natural language processing. Journal of Computational Linguistics and Chinese Language Processing, 12(1), 57-72.
6. Sipser, M. (2012). Introduction to the Theory of Computation (3rd ed.). Cengage Learning.
7. Cook, D., & McAllester, D. (2009). Formal Models of Computation. Cambridge University Press.
8. Harel, D. (1987). Statecharts: A Visual Formalism for Complex Systems. Science of Computer Programming, 8(3), 231-274.
9. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms (3rd ed.). MIT Press.
10. Downey, D., & Fellows, M. (1999). Parameterized Complexity. Springer-Verlag.