

Bilgisayar Mühendisliği Matematiği

Uygulamalı Ayrık Matematik

Toros Rifat ÇÖLKESEN

(Ph. D)

PAPATYA BİLİM YAYINEVİ

© Papatya Yayıncılık Eğitim
Bilgisayar SİS. SAN. VE TİC. A.Ş.

Ankara Cad. Prof. F. Kerim Gökay Vakfı İşhanı, 31/3
Cağaloğlu/İstanbul

Tel : (212) 527 52 96 Cep Tel: (532) 311 311 0
Faks : (212) 527 52 97
e-posta : admin@papatyabilim.com.tr
Web : www.papatyabilim.com.tr

Bilgisayar Mühendisliği Matematiği–Uygulamalı Ayrık Matematik – Toros Rifat ÇÖLKESEN (Ph. D)

1. Basım Ekim 2015
14. Basım Eylül 2019

Yayın Danışmanı : Doç. Dr. Cengiz UĞURKAYA (Post-Edu Institute)
Öğrenci Gözüyle : Batuhan AVCI (Bilgisayar Mühendisi)
Üretim : Necdet AVCI
Pazarlama : Mustafa DEMİR
Dağıtım : TDK Bilim, Türkiye'nin İnternet Kitapçısı ~ www.tdk.com.tr
Sayfa Düzenleme : Papatya Kelebek Tasarım
Kapak Tasarım : Papatya Kelebek Tasarım
Basım ve Ciltleme : İMAK Ofset Basım Yayın (Sertifika No: 12531)
Atatürk Cad. Göl Sok. No: 1 Yenibosna / İstanbul

© Bu kitabın her türlü yayın hakkı yayınevine aittir. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle ÇOĞALTILAMAZ, BASILAMAZ, YAYIMLANAMAZ. Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinası, ofset vs. gibi teknikle çoğaltılması, hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır. Emeğe saygı hepimizin ortak tutumu olmalıdır. İzinsiz fotokopi ile çoğaltmak hırsızlıktır.

Çölkesen, Toros Rifat.

Bilgisayar Mühendisliği Matematiği – Uygulamalı Ayrık Matematik / Toros Rifat Çölkesen – İstanbul:
Papatya Yayıncılık Eğitim, 2019

xvi, 408. ; 24 cm

Kaynakça ve dizin var.

ISBN 978-605-9594-65-3

1. Kümeler Teorisi 2. Sayılar Teorisi 3. Boole Cebri 4. Graf Teorisi 5. Matrisler

I. Title

QA76.9.D35 C64 2015

*Bu kitabımı,
ülkemizdeki bilgisayar bilimi dünyasına
katkısı büyük olan; ve
bölümlerin ilk sayfasında
kısaca özgeçmişlerini de vererek andığım;*

Prof. Dr. Bülent Örencik

Prof. Dr. Aydın Köksal

Doç. Dr. Mustafa Akgül

Doç. Dr. Yurdakul Ceyhun

Prof. Dr. A. Emre Harmancı

Prof. Dr. Hasan Önal

Prof. Dr. Ahmet Hamdi Kayran

Prof. Dr. Mesut Razbonyalı

Prof. Dr. Ali Okatan

Prof. Dr. M. Nadir Yücel

Prof. Dr. Atilla Bir

Prof. Dr. Ünal Yarımağan

Prof. Dr. Nadia Erdoğan

hocalarıma

ithaf ediyorum.

Teşekkür

Bilişim matematiği bilgisayar mühendisliği, matematik bilgisayar ve yazılım mühendisliği için en önemli temel konulardan birisidir. Ayrıca söz konusu disiplinlerde birçok ders için de temel bilgileri kapsar. Herşeyden önce bu konuların önemini bizlere öğrenciliğimizden beri aşıl原因 *Prof. Dr. Nadir Yücel* hocama, *Prof. Hasan Önal* hocama teşekkür ederim.

Ayrıca kitabın yazım sürecinde, gerek yazdığım paragrafları okuyup görüşünü söyleyen, gerekse verdiğim örneklerin uygunluğunu tartışan sayın *Ahmet Acar*, *Dr. Ali Nizam* ve *Dr. Osman Aliefendiođlu*’na; ve galiba boynuz kulağı geçer misalini doğrulayan oğlum *Ođuzhan Çölkesen* ile bilgisayar mühendisi yeğenim *Batuhan Avcı*’ya da çok teşekkür ederim.

Yeni kavramlara karşılık bulmada zorlandığım her zaman, daha doğrusunu bulmak adına, gece gündüz demeden hemen arayıp görüşünü aldığım sevgili ağabeyim, saygıdeğer hocam dilbilim üstadı sayın *Yusuf Çotuksöken* ve *Prof. Dr. V. Dođan Günay* hocalarıma da çok teşekkür ederim. *Her şeyin, ülkemizin geleceğinin parlak olmasının yanı sıra, gönlümüzce de olması dileğiyile...*

Toros Rifat ÇÖLKESEN
İstanbul

İçindekiler

Önsöz	XI
Kitap Hakkında	XII
Kullanılan Matematiksel Simgeler	XIV
Kullanılan Kısaltmalar	XVI
Bölüm 1. Bilgisayar Mühendisliği Matematiği Motivasyon	19
1.1. Konuya Motivasyon	20
1.2. Bilgisayara Mühendisliği, Matematik Bilgisayar ve Bilişim Teknolojileri	27
1.3. Bilgisayarda Matematiğin Tetiklediği Alanlar	28
Bölüm 2. Kümeler Teorisi	31
2.1. Kümelerle İlgili Evrensel Tanımlar	32
2.2. Kümeler Üzerinde İşlemleri	37
2.3. Özet	48
2.4. Çalışma Sorular	48
Bölüm 3. Bağıntılar ve Fonksiyonlar	51
3.1. Bağıntılar ve Bağıntı İfadeleri	52
3.1.1. Bağıntı Türleri ve İfadeler	58
3.2. Fonksiyonlar ve Fonksiyon İfadeleri	62
3.2.1. Fonksiyon Türleri ve İfadeleri	65
3.3. Rekürsif Fonksiyonlar	69
3.3.1. Rekürsif <i>Catalan</i> Sayıları Hesabı	70
3.3.2. <i>Fibonacci</i> Dizisi	71
3.3.3. <i>Ackermann</i> Fonksiyonu	72
3.3.4. <i>Öklid</i> Algoritması (OBEB)	73
3.4. Özet	74
3.5. Çalışma Sorular	75
Bölüm 4. Graf Teorisi ve Uygulamaları	77
4.1. Graf Tanımı ve İfadesi	78
4.2. Graf Renklendirme Problemi	95
4.3. Graf Üzerinde Dolaşma (DFS ve BFS)	101
4.4. Grafların Bellekte Tutulma Biçimleri	102
4.5. Özet	105
4.6. Çalışma Soruları	106

Bölüm 5. Boole Cebri ve Modern Mantık	109
5.1. Boole Cebri Önergeleri	110
5.2. Boole Cebri Aksiyom ve Teoremleri	111
5.2.1. Boole Cebri Aksiyomları	111
5.2.2. Boole Cebri Teoremleri	111
5.3. Boole Cebri Fonksiyonları	117
5.3.1. Minterm ve Maksterm ile Lojik İfadeler	119
5.3.2. Kanonik Biçimler Arasındaki Dönüşüm	123
5.4. Lojik İfadeler ve Lojik Devreler	124
5.4.1. Lojik İşlemlerin Donanımsal Karşılığı	124
5.4.2. Boole Cebri Fonksiyonlarının Lojik Kapılar ile Gerçekleştirilmesi	126
5.5. Boole Cebri Fonksiyonlarının İndirgenmesi	127
5.5.1. Doğrudan Aksiyom ve Teoremlerle Görüşe Dayalı İndirgeme	128
5.5.2. <i>Karnaugh</i> Diyagramıyla İndirgeme	130
5.5.3. <i>Quin Mc Cluskey</i> Yöntemiyle Algoritmik İndirgeme	140
5.5.4. Eksik Terimli Boole Cebri Fonksiyonları	145
5.6. Boole Cebri Fonksiyonlarının Tek İşlemlerle Gerçekleştirilmesi	146
5.6.1. Çarpımların Toplamıyla TVE ve TVEYA Tasarımı	146
5.6.2. Toplamların Çarpımıyla TVE ve TVEYA Tasarımı	148
5.7. Özet	150
5.8. Çalışma Soruları	150
Bölüm 6. Sayılar Teorisi ve Sayılar	153
6.1. Sayılar ve Sayı Kümeleri	154
6.2. Sayıların Bilgisayar Ortamında Saklanma Biçimleri	157
6.2.1. Tamsayılar	158
6.2.2. Gerçel Sayılar	163
6.2.3. Karmaşık Sayılar	167
6.3. Sayılar Teorisine Giriş	169
6.3.1. Tümevarım İlkesi – İyi Sıralanma İlkesi – Bölme Algoritması	169
6.3.2. Bölünebilirlik	171
6.3.3. Öklid Algoritması	173
6.3.4. Asal Sayılar ve Bileşik Sayılar	176
6.3.5. Kalandaşlıklar (Kongüranslar)	177
6.3.6. <i>Fermat Euler Wilson</i> Teoremleri	178
6.4. Özet	180
6.5. Çalışma Soruları	181

Bölüm 7. Olasılık Teorisi ve Stokastik Süreçler	183
7.1. Kombinatorik ve Olasılığın Ayrık Problemleri	184
7.2. Kombinatoriğin Temelleri	185
7.2.1. Permütasyon	187
7.2.2. r 'li Permütasyon - Aranjman	190
7.2.3. Kombinasyonlar	191
7.2.3.1. <i>Newton Binomu</i> ve <i>Pascal Üçgeni</i>	193
7.2.3.2. Sıralı Parçalanma ve Sırasız Parçalanma	195
7.2.4. Tekrarlı Permütasyon ve Kombinasyon	196
7.2.4.1. Tekrarlı Permütasyon	196
7.2.4.2. Tekrarlı Kombinasyon	199
7.3. Saymanın Temelleri ve Güvercin Yuvası İlkesi	201
7.4. Temel Olasılık ve Rastgele Süreçler	203
7.5. Olasılık Aksiyomları ve Kümeler Teorisi	206
7.6. Koşullu Olasılık	210
7.7. Stokastik Süreçler ve <i>Markof Zinciri</i>	212
7.7.1. <i>Markof Zinciri</i>	213
7.8. Özet	216
7.8. Çalışma Soruları	216
Bölüm 8. Ağaçlar ve Hiyerarşi	219
8.1. Ağaç İfadesindeki Temel Kavramlar	220
8.2. Bilişimde Çok Kullanılan Çeşitli Ağaç Türleri	227
8.3. İkili Ağaçlar ve Tipik Uygulamaları	231
8.3.1. İkili Arama Ağaçları	231
8.3.2. İkili Arama Ağacı Üzerinde Dolaşma	232
8.3.3. Bağlantı ve Fonksiyon Ağaçları	234
8.3.4. Kümeleme Ağacı	236
8.3.5. Kodlama Ağaçları	237
8.3.5.1. <i>Huffman</i> Kodlama Ağacı	240
8.3.5.2. <i>Shannon-Fano</i> Kodlama Ağacı	242
8.3.6. İkili Arama Ağaçları için Algoritmalar	244
8.4. Çeşitli Ağaç Yapıları	250
8.4.1. Sözlük Ağacı – <i>Trie</i> Ağacı	250
8.4.2. Aile İşaretçisi Ağacı	251
8.4.3. Komut Çözme Ağacı	252

8.5. Ağaçların Bellekte Tutulması	253
8.5.1. Düğüm Bağlantısıyla Ağaç Kurulması	253
8.5.2. İndis-Bağıntısıyla Ağaç Kurulması	254
8.6. Özet	257
8.7. Çalışma Soruları	257
Bölüm 9. Matris İşlemleri ve Determinant	261
9.1. Matrislerin Genel Özellikleri	262
9.2. Matrisler Üzerinde Elemanter İşlemler	265
9.3. Özel Anlamlı Matrisler	272
9.4. Matrislerin Determinantı	274
9.4.1. İşaretleli Minörlerle Determinant Hesabı	275
9.4.2. <i>Gauss Eliminasyon</i> Yöntemiyle Determinant Hesabı	279
9.5. Matrisin Rankı	281
9.6. Ters Matris Hesabı	282
9.7. Özet	286
9.8. Çalışma Soruları	286
Bölüm 10. Algoritmalar	289
10.1. Algoritmanın Temel Özellikleri	290
10.2. <i>Harzemli ve Harzemli'nin Algoritmaları</i>	293
10.2.1. <i>Harzemli'nin Algoritmaları</i>	293
10.3. Arama ve Sıralama Algoritmaları	295
10.3.1. Sıralama Algoritmaları	297
10.3.1.1. Araya Sokma Sıralaması	298
10.3.1.2. Seçmeli Sıralama	300
10.3.1.3. Kabarcık Sıralaması	302
10.3.1.4. Birleşmeli Sıralama	304
10.3.1.5. Kümeleme Sıralaması	305
10.3.1.5. Hızlı Sıralama	307
10.3.2. Arama Algoritmaları	309
10.3.2.1. Ardışıl Arama	310
10.3.2.2. İkili Arama	312
10.3.2.3. Çırpı Fonksiyonuyla Arama	314
10.3.3. Dizinleme Sistemiyle Arama	317
10.4. Özet	321
10.5. Çalışma Soruları	321

Bölüm 11. Sonlu Durum Makinaları ve Otomata Teorisi	323
11.1. Durum Makinası Temel Kavramlar	324
11.2. Sonlu Durum Makinası	326
11.2.1. Durum Makinaların Sınıflanması	329
11.3. Otomata Teorisi	335
11.3.1. Deterministik Sonlu Otomata	336
11.3.2. Deterministik Olmayan Sonlu Otomata	338
11.3.3. Yığınlı Otomatlar	339
11.4. Turing Makinesi	340
11.5. Biçimsel Diller ve Dilbilgisi	342
11.5.1. <i>Chomsky</i> Sınıflaması	343
11.6. Özet	346
11.7. Çalışma Soruları	346
Bölüm 12. Graf Teorisi Uygulamaları	349
12.1. Graf Üzerinde Dolaşma	350
12.1.1. DFS Yöntemi; Önce Derinlik Araması	351
12.1.2. BFS Yöntemi; Önce Genişlik Araması	353
12.2. <i>Greedy</i> Karar Verme Yaklaşımı	355
12.3. Graflar Üzerinde Kısa Yol Problemi	358
12.3.1. <i>Dijkstra</i> 'nın En Kısa Yol Algoritması	360
12.3.2. <i>Bellman</i> ve <i>Ford</i> 'un En Kısa Yol Algoritması	364
12.3.3. <i>Floyd</i> 'un En Kısa Yol Algoritması	364
12.4. En Küçük Yol Ağacı Problemi	366
12.4.1. <i>Kruskal</i> 'ın En Küçük Yol Ağacı Algoritması	367
12.4.2. <i>Prim</i> 'in En Küçük Yol Ağacı Algoritması	374
12.4.3. <i>Sollin</i> 'in En Küçük Yol Ağacı Algoritması	376
12.5. Gezgin Satıcı Problemi	378
12.6. Şebeke Akış Problemi	379
12.7. Özet	380
12.8. Çalışma Sorular	380

Bölüm 13. Algoritma Analizi	383
13.1. Algoritma Analizinde Temel Kavramlar	384
13.2. Program Çalışma Hızı ve Karmaşıklık (Kıyaslama)	385
13.2.1. Yürütme Zamanı	387
13.2.2. Karmaşıklık	391
13.2.3. Algoritma Karmaşıklığında Asimtotik Notasyonlar	394
13.3. Bellek Gereksinimi	395
13.6. Özet	397
13.7. Çalışma Soruları	398
Kaynakça	399
Dizin	403

Önsöz

Böylesi bir matematik kitabı çok uzun zamandır üzerinde düşündüğüm bir çalışmam idi; öyle ya bilgisayar bilimi ve bilişimle ilgili disiplinlerin kullanacakları matematiksel konuları doğrudan bir çatı altında toplamak ve konularla ilgili teorik bilgileri verdikten sonra örnekleri bilgisayar bilimine yönelik vermek bu konuda çalışanlar için oldukça yararlı olacaktır. Ancak, kitaba eklenmesi gereken konular hem başlık olarak çok fazla hem de konuların kapsamı olarak çok genişti; nerede ise herbir bölüm ayrı birer kitap olacak büyüklükte idi.

Kitabın ilk tasarımında yaklaşık 20 bölüm ortaya çıktı; hemen hemen hepsini ilk önce kabaca yazdım, örneklendirdim, ancak çok çok kalın bir kitap olacaktı. Bilindiği gibi doğada sınırsız kaynak yoktur; ben de kitabın ilk baskısını bir bilgisayar bilimcisinin en çok işine yarayacak ilk 13 konuyu seçerek sınırlandırdım, diğer bölümleri de belki başka bir kitap içerisinde toparlarım. Aslında, kalan 7 bölüm bilgisayar mühendisliğinde ileri seviye matematik konuları idi; Google'un arama makinesini çözümlenmesi, Facebook'taki ilişkilendirme modeli, şifreleme gibi konuları kapsıyordu.

Bilgisayar biliminin temel kitabı olmasını hedeflediğim bilgisayar mühendisliği matematiği adlı bu eser, aslında uygulamalı ayrık matematiğin bilişime oldukça yakınlaştırılmış halidir. Konular kümeler teorisinden başlayıp bağıntılar, fonksiyonlar, graf teorisi, Boole Cebri, kombinatorik ve olasılık teorisi, sayılar ve sayılar teorisi, ağaçlar, sonlu durum makinaları ve otomatlar ve algoritmalar olarak uzayıp gitmektedir. Amacım, ilerleyen baskılarda bilgisayar biliminde kullanılan tüm matematiksel konuları biraraya toplamaktır. İlerleyen baskılarda bölümler değişebilir, eklenebilir, çıkarılabilir...

Kitabın yazımında karşılaştığım en büyük zorluk terminolojinin biraraya getirilmesinde oldu. Hem matematik hem de bilgisayar bilimlerinde kullanılan simgeler ve tanımlar arasında ortak bir sözdizim yapısı oluşturmam gerekti. Simgeleri ve terimleri, oturmuş genel kabullere de bağlı kalarak konuların öğretilmesini kolaylaştıracağı düşüncesiyle Türkçe karşılıklarından ürettim. Bölümlerin herbiri ayrı bir kitap olabilecek şekilde çok derindi, cümleleri çok dikkatli kurmam, örnekleri çok dikkatli vermem gerekiyordu, yine farkında olmadan hata yapmış olabilirim; umarım hata sayısı azdır. Bu çalışmamdan sonraki amacım her bölüm için birer kitap yazılmasını sağlamak üzere bilim adamlarımızı tetiklemek olacaktır.

Ayrıca her bölümün ilk sayfasında kendisinden ders aldığım veya bir şekilde tanışıp dost olduğum hocalarımı andım. Hocalarım, anıldığı bölümle ilgili çalışma yapmış değerli akademisyenlerdir. Kendilerini saygıyla selamlıyorum...

Okuyucularımın olası hataları veya önerilerini tarafıma bildirmesinden çok mutlu olacağım! Siz gençlerin daha da nitelikli eserler yazmanız dileğiyle...

Toros Rifat ÇÖLKESEN

Kitap Hakkında

Ayrık matematik; bilgisayar bilimleri, bilgisayar mühendisliği, yazılım mühendisliği ve kısacası bilişim uygulamalarına dayalı disiplinlerin en temel konusudur; bilgisayar kuramının temeli ayrık matematiktir. Bilindiği gibi, eğer, “*matematik tüm bilimlerin kraliçesi*” ise, “*bilgisayar da katkısından dolayı tüm mühendisliklerin kralıdır*”, denilebilir. Bilgisayar mühendisliği matematiği bir açıdan “uygulamalı ayrık matematik” gibi düşünülebilir; ancak ayrık matematiğin hem konular açısından hem de ele alınan örnekler açısından günümüz bilişim uygulamalarını tam olarak kapsayamaması bilgisayar mühendisliği matematiğini gündeme getirmiştir. Dolayısıyla bu kitabın adı “Uygulamalı Ayrık Matematik”, “Uygulamalı Ayrık Yapılar Matematiği” veya “Bilgisayar Bilimi için Ayrık Matematik” olabilir...

Bu kitabın içeriğine doğal olarak tüm mühendislik bölümleri için önemli olan ve birinci sınıfta verilen “Calculus” derslerinin konuları eklenmemiştir; bu derslerin konularında ele alınan teorem ve önermeler de doğal olarak kitabımızda ara işlemlerde kullanılmaktadır!

Bilgisayar mühendisliği matematiği konularını bilmek bilgisayar bilimcisine, bilgisayar mühendisine, yazılım mühendisine ve bilişim sistemi tasarımcısına büyük katma değer kazandırır; üstelik bazı problemler vardır ki, bilişim matematiği konuları bilinmeden gerçekleştirildiğinde gerçek çözümden uzak olur; fazladan döngüler, fazladan bellek alanı kullanıldığı gibi elde edilen sonuçlara da pek güvenilmez!. Matematik, ayrıca, donanım tasarımcıları için bile, özellikle gömülü sistemlerin tasarımcıları için gerekli bir konudur. İş yaşamında veya günlük yaşamda karşılaşılan problemleri modellemek ve onlara ait çözümleri evrensel düzeyde algoritmik olarak tasarlayabilmek için de matematik mutlaka bilinmelidir; önce çözüm için en uygun model belirlenmeli, daha sonra alt bileşenleri ortaya konularak problem, önce matematiksel olarak çözümlenmelidir.

Bilgisayar mühendisliği matematiği genel olarak ayrık matematik konularını, veri yapıları ve algoritma konularını, graf teorisini, ağaçlar tanımını, otomata kuramını, kriptografi konusunu ve olasılık teorisini kapsamaktadır.

Ders Kitabı Olarak Kullanılırsa

Bilgisayar mühendisliği matematiği adlı bu eserimizde bilgisayar bilimi ve bilişimle ilgili temel matematik konuları ele alınmıştır. Eğer bu eserimiz ders kitabı olarak kullanılmak istenirse, sırasıyla her bölüm ele alınıp işlenmelidir! Eğer ders saatleri tüm konuları ele alamayacak kadar yeterli değilse, bir konuya takılıp diğerlerine zaman kalmayacağına her hafta bir bölümü işleyip kalan kısım öğrencilere okuma ödevi olarak verilmelidir. Bölüm sonlarında çalışma soruları ve vurgulanmak istenen konuların hemen altında *kendimizi sınavalım* başlığı altında sıcağı sıcağına pekiştirme soruları vardır.

Ders anlatım izlencesi bölümlerin sırasına sadık kalınarak yapılması konuların devamlılığı açısından önemlidir. Çünkü ilerleyen bölümlerde önceki bölümlerdeki konular ara işlem olarak kullanılmaktadır. Eğer tüm bölümler işlendikten sonra zaman kalırsa geriye dönüp okuma ödevi olarak verilen kısımlar işlenebilir. ☑

Bilgisayar Olimpiyat Soruları

Bilgisayar olimpiyat soruları incelendiğinde, soruların büyük bir kısmının bu kitabın konusu olan matematik kapsamında olduğu ve bu konular aracılığıyla çözülebileceği görülür. Tüm bilim dallarının kraliçesi matematiktir; bu bilişim uygulamalarında da geçerlidir...

Bu kitapta bilgisayar mühendisliği matematiğinin çerçevesi çizilerek hem teorik konular hem uygulamalı örnekler ele alınmıştır; ayrıca matematik olmadan çözülmesi zor olan problemler de ayrıca vurgulanmıştır.

Kitabımızın Bölümleri

Kitabımız başlangıçta on altı bölüm olarak planlanmıştı; ancak sayfa sayısının planlanan sayfa sayısını çok aşması ve konularında çok derinleşmesi nedeniyle on üç bölüme indirgenmiştir; kitaba eklenmeyen *veri sıkıştırma, kodlama ve şifreleme, arama motoru optimizasyon matematiği* bölümleri belki de ileride başka bir kitap olarak yayımlanabilir...

Kitabımızın ilk bölümleri “*Kümeler*” ile “*Bağıntılar ve Fonksiyonlar*” birçoğunu zaten bildiğimiz temel konulardır; ancak ilerideki bölümlerle sağlıklı bir bağlantı kurulabilmesi için dikkatlice okunması gerekir. Daha sonraki bölümlerle bilişim matematiğine özgü konular ve uygulamalar başlamaktadır. Son bölümde ise “*Algoritma Analizi*” gibi önemli bir konu ele alınmıştır.

Metinler içerisinde, zaman zaman ara açıklamalar veya örnekler verilmektedir; açıklamanın veya örneğin bittiği ☑ simgesi koyularak gösterilmeye çalışılmıştır. Yani ☑ simgesiyle karşılaşıldığında ara açıklama veya örnek bitti asıl konuya devam ediyoruz anlamındadır...

Kullanılan Matematiksel Simgeler

Simge	Anlamı	Örnek
\mathbb{Z}	Tamsayılar	$\mathbb{Z} = \{\dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots\}$
\mathbb{Z}^+ ve \mathbb{Z}^-	Artı ve eksi tamsayılar	$\mathbb{Z}^+ = \{1, 2, 3, \dots\}$ ve $\mathbb{Z}^- = \{\dots -3, -2, -1\}$
\mathbb{R}	Gerçel sayılar	$\mathbb{R} = \{\dots -1, 5, \dots, -0, 5, \dots, 0, 0, \dots, 0, 33, \dots, 5, 31, \dots\}$
\mathbb{N} ve \mathbb{N}^+	Doğal ve sayma sayıları	$\mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$ $\mathbb{N}^+ = \{1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$
\mathbb{Q} ve \mathbb{Q}'	Rasyonel ve irrasyonel sayılar	$\mathbb{Q} = \{\dots(-1, 5)\dots(0, 0)\dots(1, 5)\dots\}$
\mathbb{C}	Karmaşık sayılar	$\mathbb{C} = \{\dots(-1+5i)\dots(4-3i)\dots(3+2i)\dots\}$
\approx	Yaklaşık	$a \approx b$
∞	Sonsuz	$x \rightarrow \infty$
$ x $	x 'in mutlak değeri	$ -5 = 5$
$ A $	Matrisin determinanı	$\det A = A $
A, B, C	Küme adları	$A = \{a, b, c\}$ $B = \{a, b\}$ $C = \{1, 2, 3\}$
E	Evrensel küme, örnek uzay	$E = \{x \mid x \in \mathbb{Z}^+\}$ $E = \{\text{Tura, Yazı}\}$
\in \notin	Elemanı olmak ve olmamak	$a \in A$ $b \notin A$
\subset $\not\subset$	Altküme ve altküme değil	$B \subset A$ $C \not\subset A$
\supset	Üstküme	$A \supset B$
\cup	Birleşim	$A \cup B$
\bigcup	Toplu birleşim	$\bigcup_{i=1}^n A_i = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n$
\cap	Kesişim	$A \cap B$
\bigcap	Toplu kesişim	$\bigcap_{i=1}^n A_i = A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n$
$\emptyset, \{\}$	Boş küme	$\emptyset \equiv \{\}$
\setminus	Küme farkı	$A \setminus B$
\oplus	Simetrik fark	$A \oplus B$
\times	Kartezyen çarpım	$A \times B$
$K(A)$	Kümenin kuvveti	
$[a, b]$	Kapalı aralık	$a \leq x \leq b$
(a, b)	Açık aralık	$a < x < b$
$\forall x$	Her x için	
$\exists x$	Bazı x 'ler için	

\wedge	\bullet	Ve işlemleri	$x = a \bullet b$ $z = a_1 \wedge a_2$
\vee	$+$	Veya işlemleri	$x = a + b$ $z = a_1 \vee a_2$
x'	\bar{x}	x 'in tümleyeni	
\rightarrow		Gerektirme, ise	$a \rightarrow b$
\leftrightarrow		Çift yönlü gerektirme	$a \leftrightarrow b$
Σ		Toplama	$\sum_{i=1}^n x = 1 + 2 + 3 + \dots + n$
Π		Çarpım	$\prod_{x=1}^n \left(\frac{1}{x^2}\right) = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{4} \cdot \dots \cdot \frac{1}{x^2}$
\ll		Çok çok küçük	
\neq		Eşit değil	$a \neq b$
\equiv		Denklik	
D		Düğüm kümesi	$D = \{d_0, d_1, \dots, d_n\}$
d_i		i . düğüm	
K		Kenarlar kümesi	$K = \{k_0, k_1, \dots, k_m\}$
k_i		i . kenar	
G		Graf	$G = \{(d_0, d_1), (d_0, d_3) \dots (d_i, d_j)\}$
A		Komşuluk matrisi	$A = [a_{ij}]$
β		Bağıntı	$A \xrightarrow{\beta} B$
$f : A \rightarrow B$		Fonksiyon	$f : A \rightarrow B = \{(a, b) \mid a \in A, b \in B\}$
$f(A)$		Görüntü küme	
$a b$		Bölünebilme	$9 3 \quad 18 6$
$a = b \cdot q + r$		Kalanlı bölme r : <i>Kalan</i>	$17 = 3 \cdot 5 + 2$
$a \equiv b \pmod{m}$		Kalandaşlık	$19 \equiv 7 \pmod{6}$
P_n^r		Permütasyon sayısı	$P_n^r = \frac{n!}{(n-r)!}$
C_n^r		Kombinasyon sayısı	$C_n^r = \frac{n!}{r!(n-r)!}$
Ola		Olasılık	$Ola(Yazı)$
O		Olasılık geçiş matrisi	c
$E_{ij}(k)$		Elementer satır işlemi	i . satırı k ile çarp j . satıra ekle
M		Durum makinası	$M = \langle D, G, \zeta, f, g, b \rangle$
T		Turing makinası	$T = \langle D, G, \zeta, bs, f, d_0, U \rangle$
$T(n)$		Yürütme zamanı bağıntısı	
$O(n)$		Büyük O asimptotik ifadesi	$O(n^2)$

Kullanılan Kısaltmalar

OBEB	Ortak Bölenlerin En Büyüğü
OKEK	Ortak Katların En Küçüğü
SDM	Sonlu Durum Makinası
FSM	<i>Finite State Machine</i>
DOSO	Deterministik Olmayan Sonlu Otomata
DSO	Deterministik Sonlu Otomata
EKES	En Küçük Eksi Sayı
EBAS	En Büyük Artı Sayı
E	Evrensel küme
DFS	<i>Depth First Search</i>
BFS	<i>Breadth First Search</i>
Minterm	Minimum terimler kanonik biçimi
Maksterm	Maksimum terimler kanonik biçimi
TVE	Ters VE
TVEYA	Ters VEYA
IEEE	<i>The Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
RSA	<i>Ron Rivest, Adi Shamir ve Leonard Adleman</i>
Ola	Olasılık