

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



**فضای سایبر**

جلسه ۹ و ۱۰

**اطلاعات**

**Information**

کاظم فولادی قلعه  
دانشکده مهندسی، دانشکدگان فارابی  
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/cyber>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



فضای سایبر

جلسه ۹

اطلاعات (۱)

# مبانی و فلسفه‌ی اطلاعات

**Information (1): Foundations and Philosophy of Information**

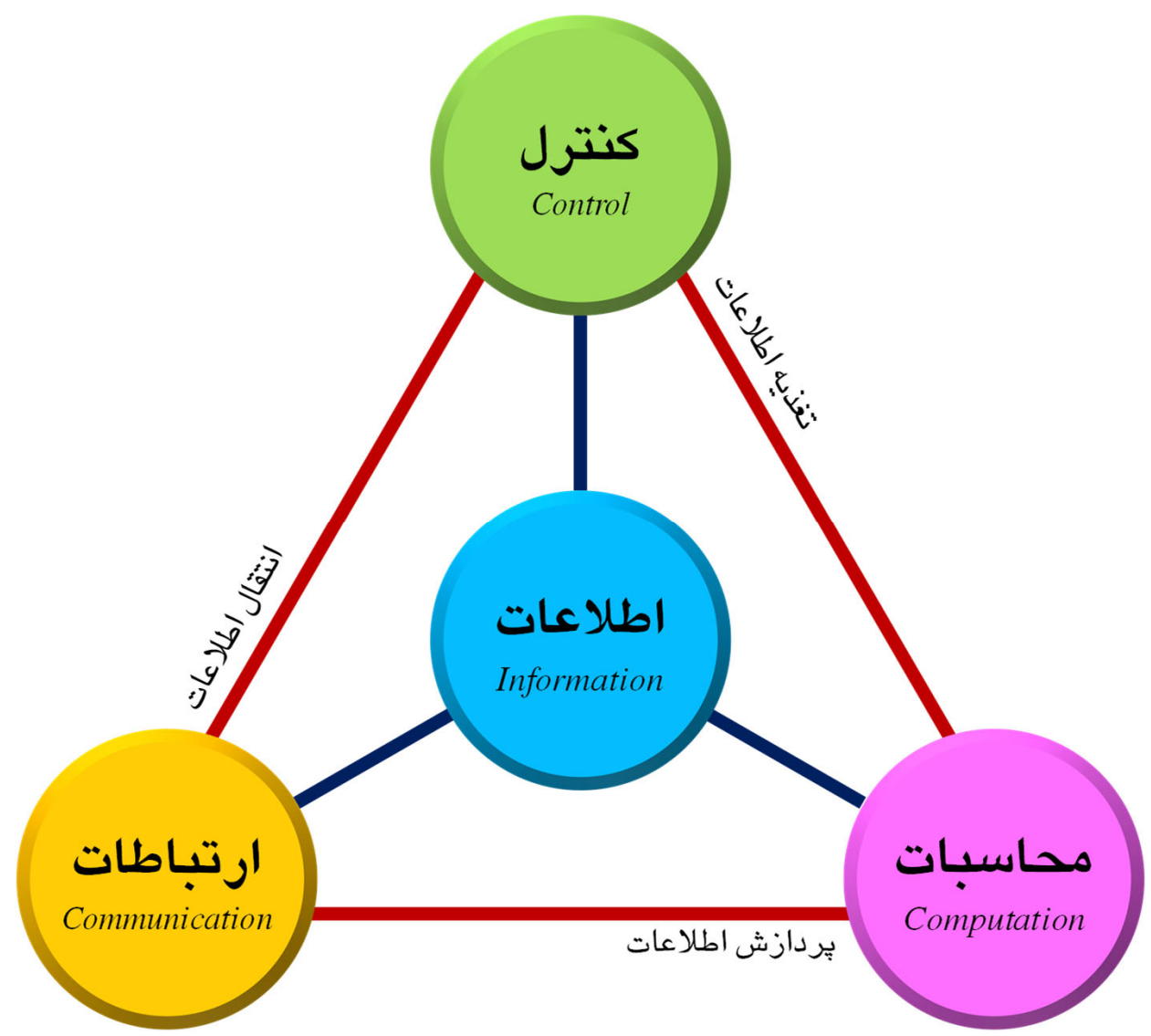
کاظم فولادی قلعه

دانشکده مهندسی، دانشکدگان فارابی

دانشگاه تهران

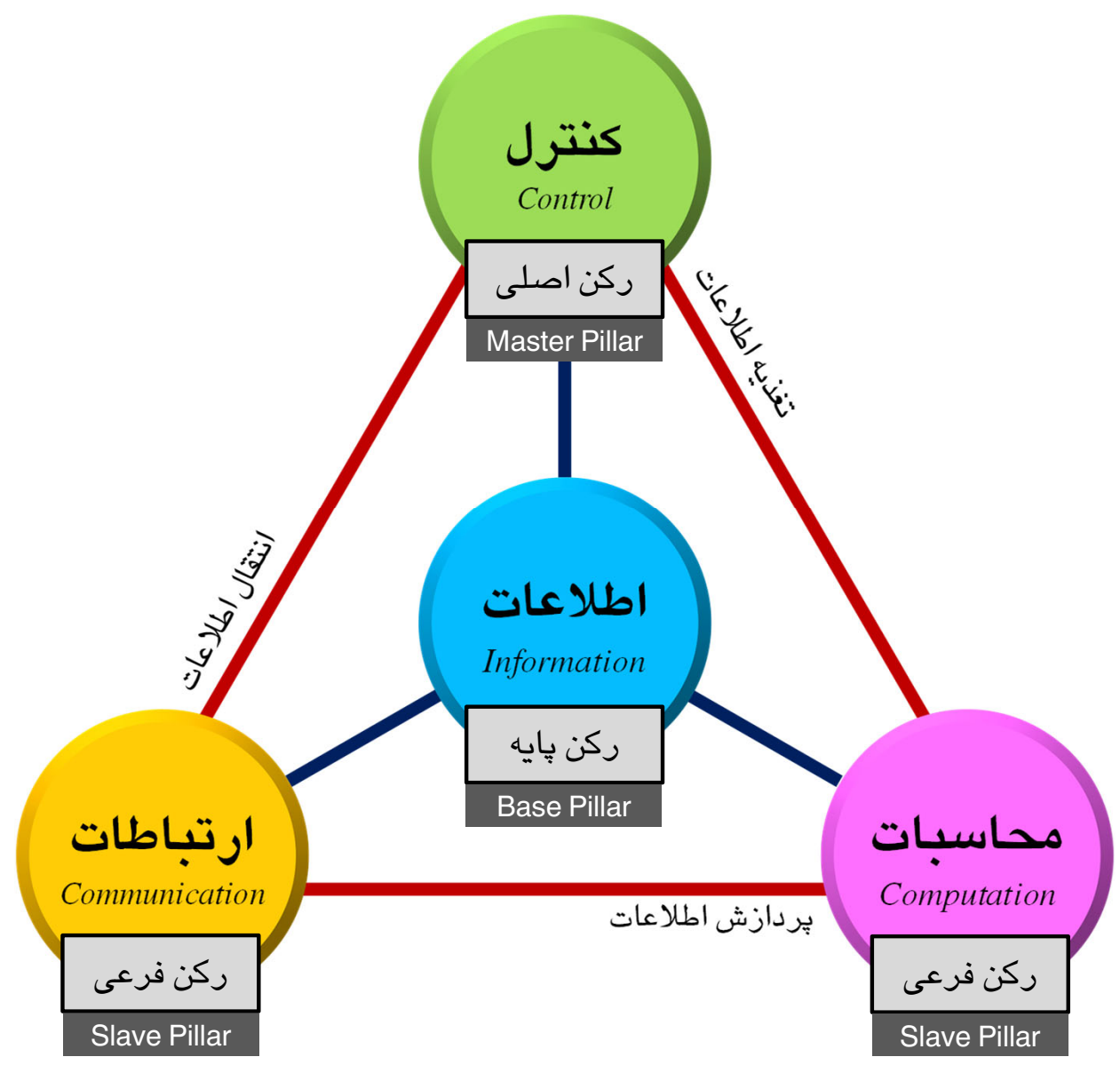
<http://courses.fouladi.ir/cyber>

# ارکان سیستم سایبرنتیکی



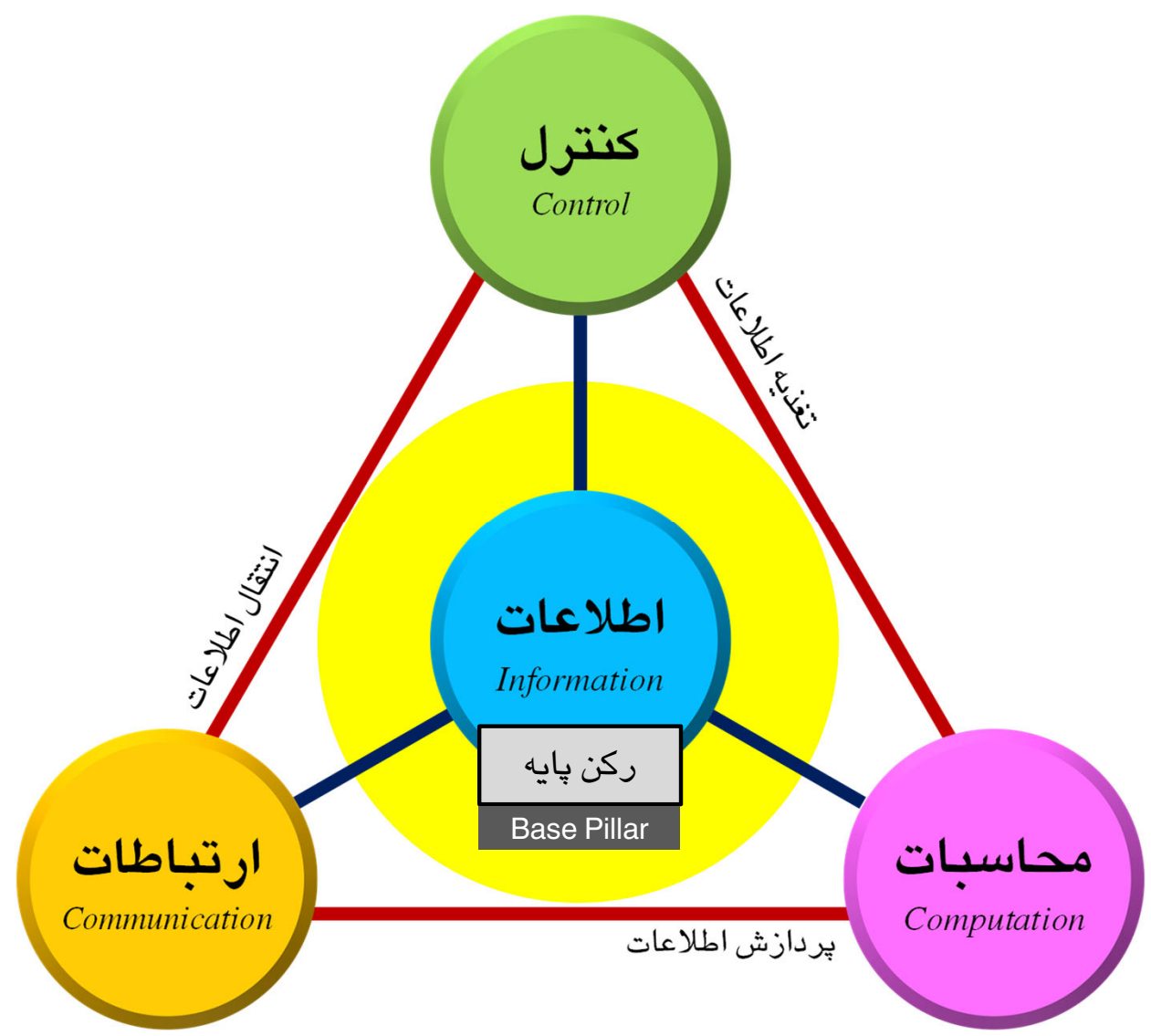
# ارکان سیستم سایبرنتیکی

ارکان پایه، اصلی، فرعی



# ارکان سیستم سایبرنتیکی

اطلاعات: رکن پایه



اطلاعات



# مبانی اطلاعات

## مؤلفه‌های زیرساختی فضای سایبر

مبتنی بر ارکان سیستم‌های سایبرنتیکی

مؤلفه‌های زیرساختی فضای سایبر			
محاسبات <i>Computation</i>	ارتباطات <i>Communication</i>	کنترل <i>Control</i>	اطلاعات <i>Information</i>
پردازش اطلاعات	انتقال اطلاعات	تغذیه اطلاعات	محتوا

## مؤلفه‌های زیرساختی فضای سایبر

مبتنی بر ارکان سیستم‌های سایبرنتیکی

مؤلفه‌های زیرساختی فضای سایبر			
محاسبات <i>Computation</i>	ارتباطات <i>Communication</i>	کنترل <i>Control</i>	اطلاعات <i>Information</i>
پردازش اطلاعات	انتقال اطلاعات	تغذیه اطلاعات	محتوا



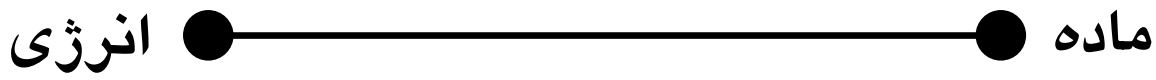
## اطلاعات

# (۱) اطلاعات

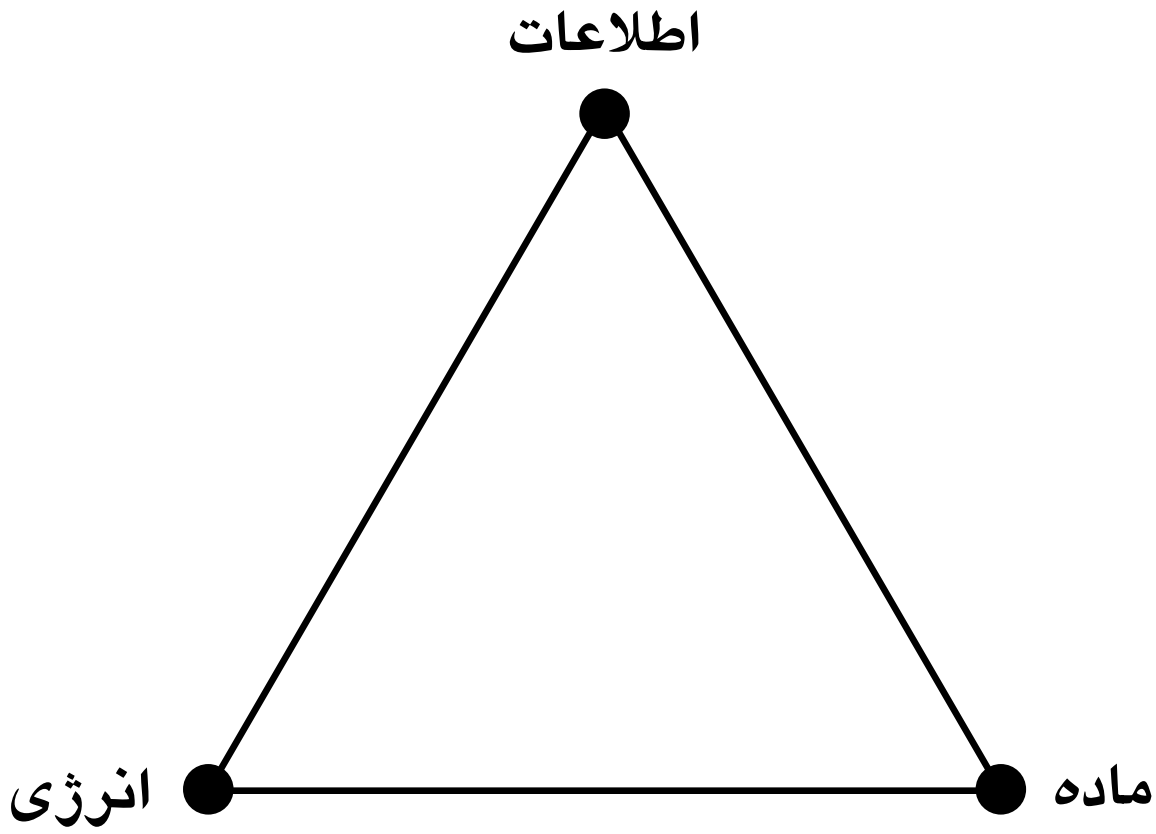
محتوا

محتوایی که در فضای سایبر به گردش در می‌آید

# شاکله‌ی محیط ماتریالیستی کلاسیک

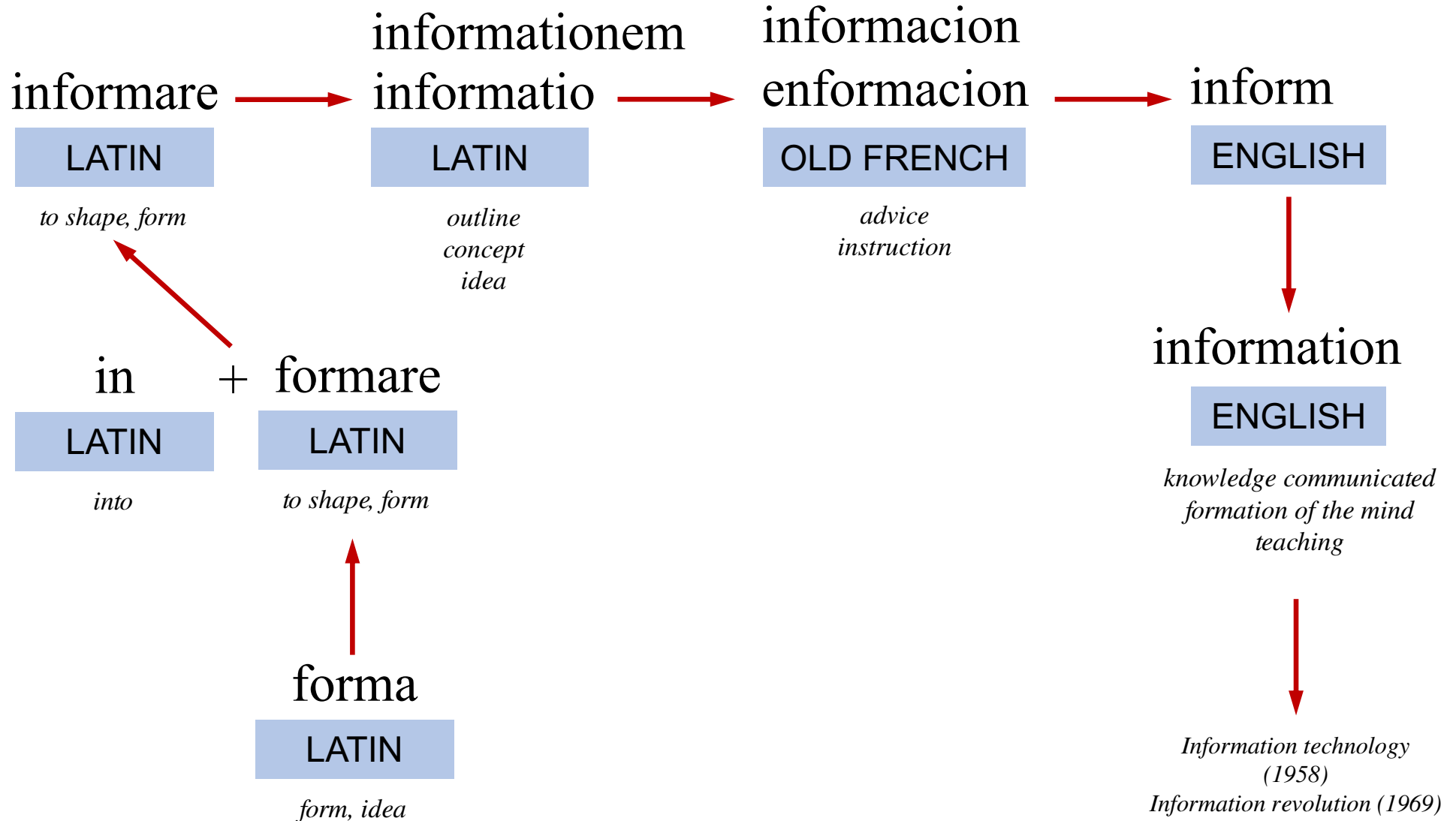


شاکله‌ی محیط ماتریالیستی مدرن



# اتیمولوژی «اینفورمیشن»

## INFORMATION

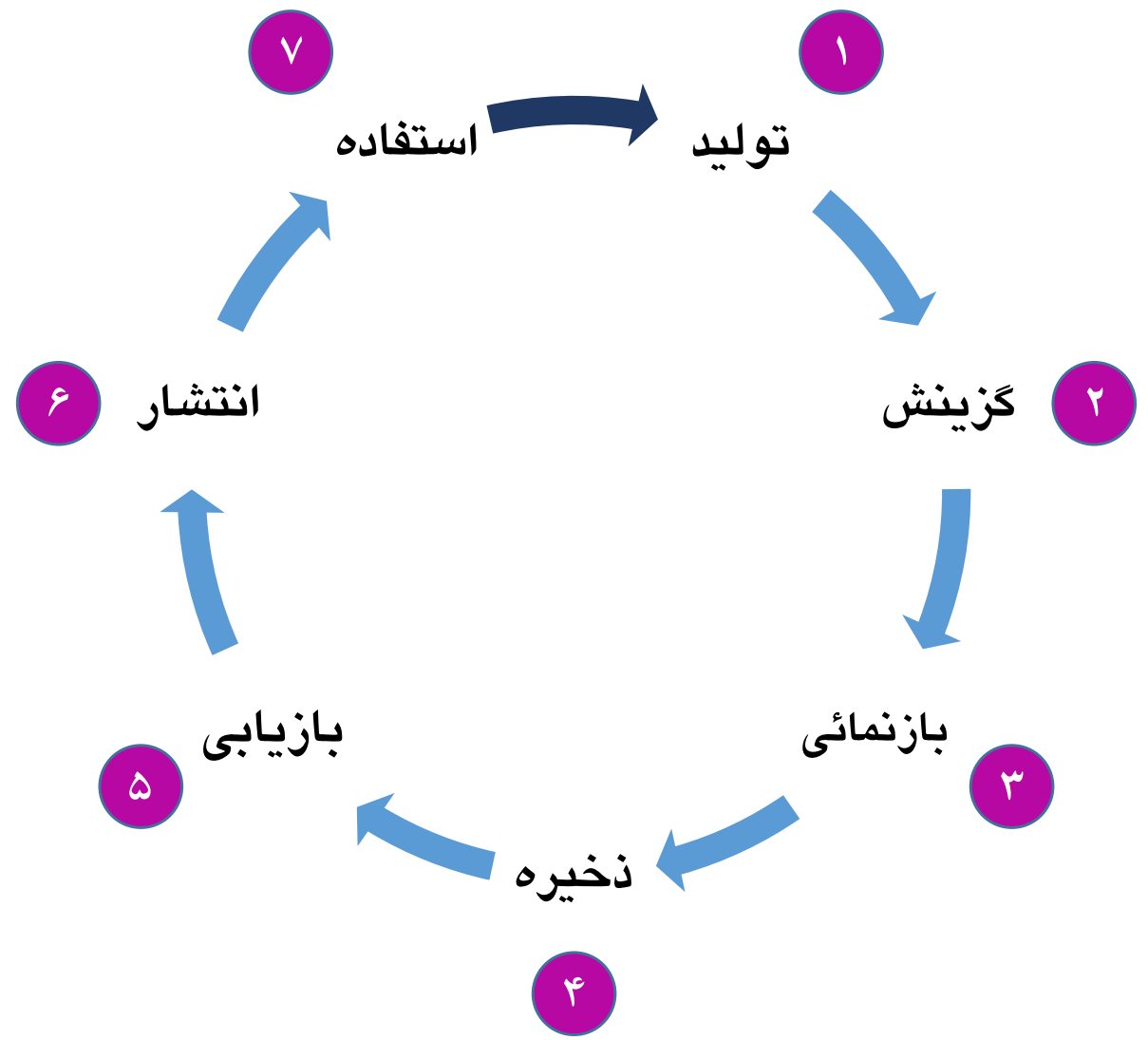


## ویژگی‌های اطلاعات

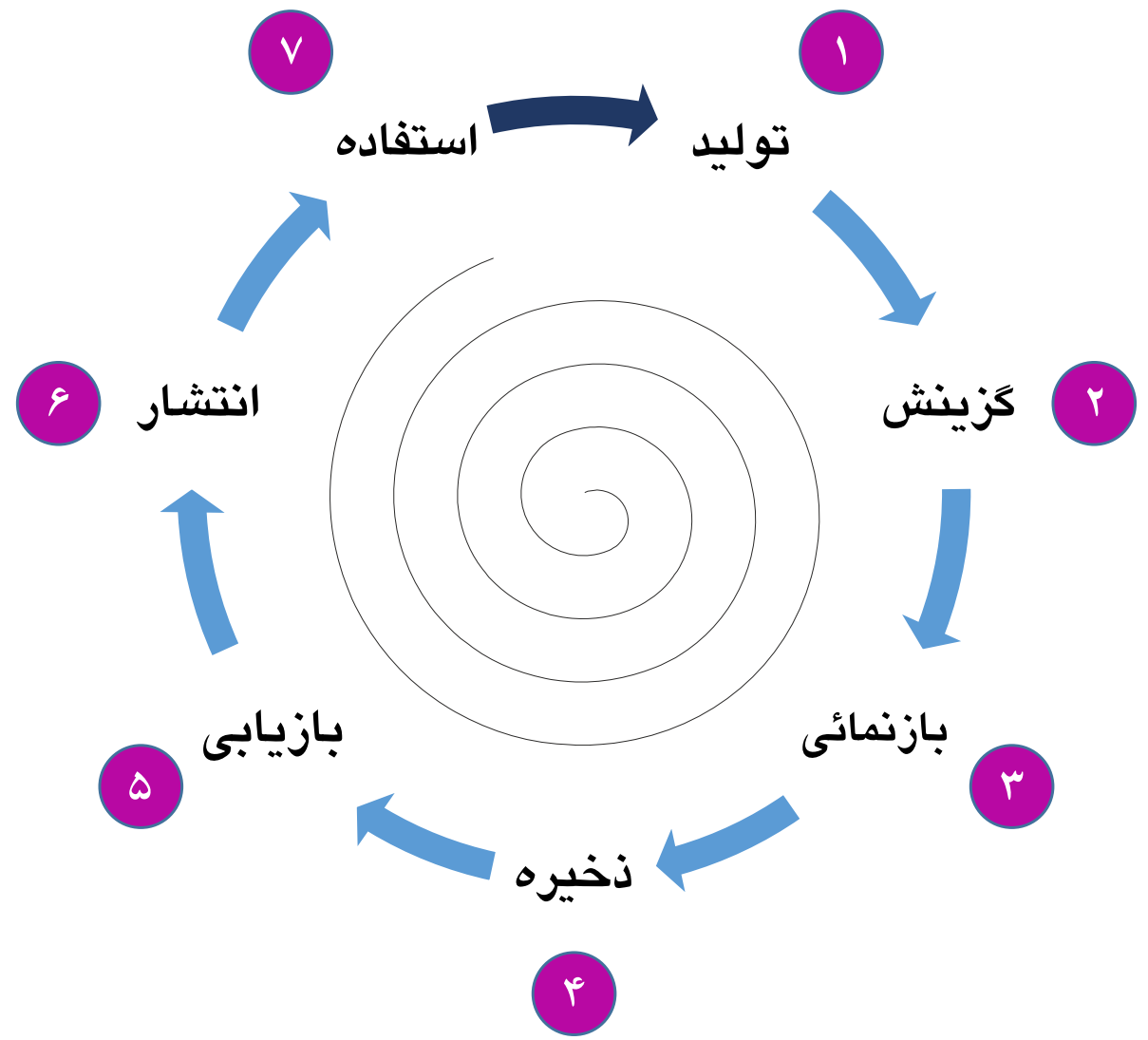
- اطلاعات چیزی در محیط است که هیچ جرمی ندارد و فضا اشغال نمی‌کند.
- اطلاعات غیر ملموس ولی قابل درک است.
- اطلاعات کاربردهای چندگانه و همزمان دارد.
- اطلاعات از بین نمی‌رود.
- اطلاعات دارای ارزش متغیر با زمان است.
- اطلاعات دارای رابطه‌ای پیچیده و غیرخطی با سودمندی است.
- اطلاعات در اثر مصرف و به کارگیری به جای کم شدن، افزایش می‌یابد.
- اطلاعات را نمی‌توان مبادله کرد بلکه فقط می‌توان به اشتراک گذاشت.

# چرخه‌ی اطلاعات

## INFORMATION CYCLE



# افزایش اطلاعات در چرخه‌ی اطلاعات



## فلسفه‌ی اطلاعات، فیزیک اطلاعات، تئوری اطلاعات

فلسفه‌ی اطلاعات

*Philosophy of Information*

فیزیک اطلاعات

*Physics of Information*

تئوری اطلاعات

*Information Theory*

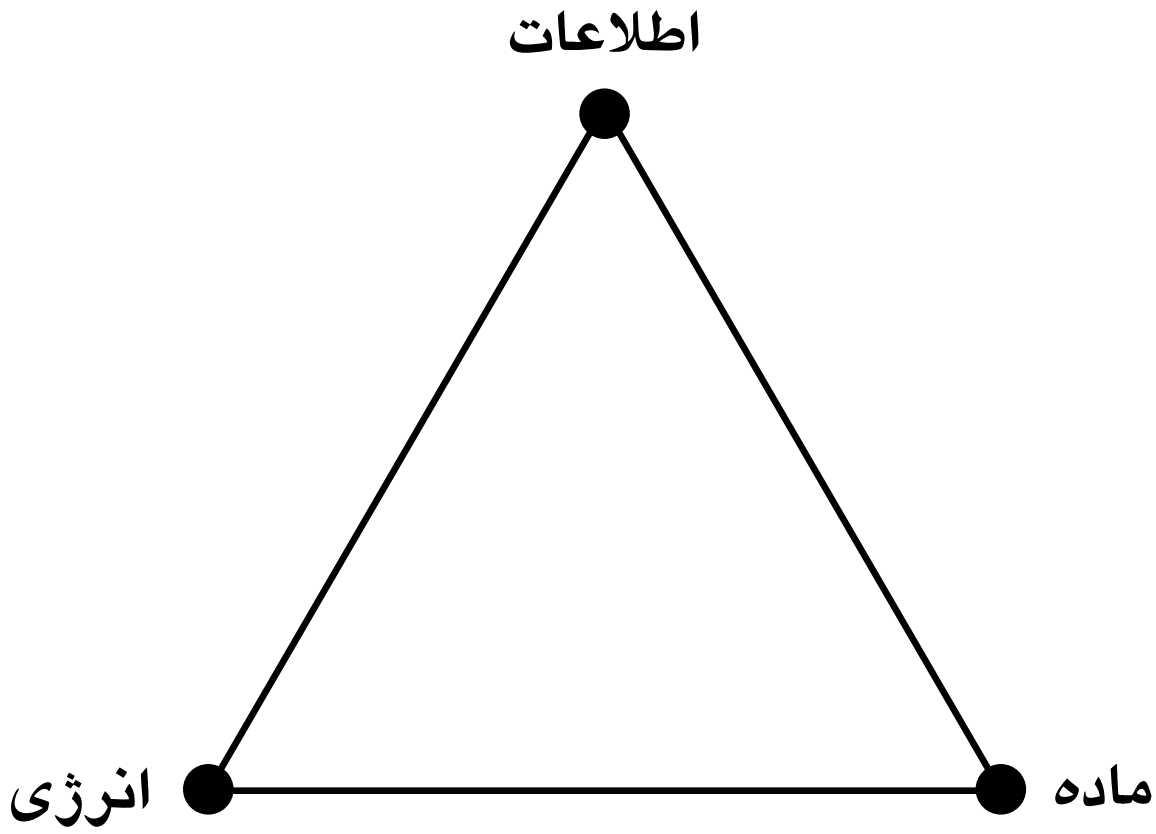


دکترین اطلاعات

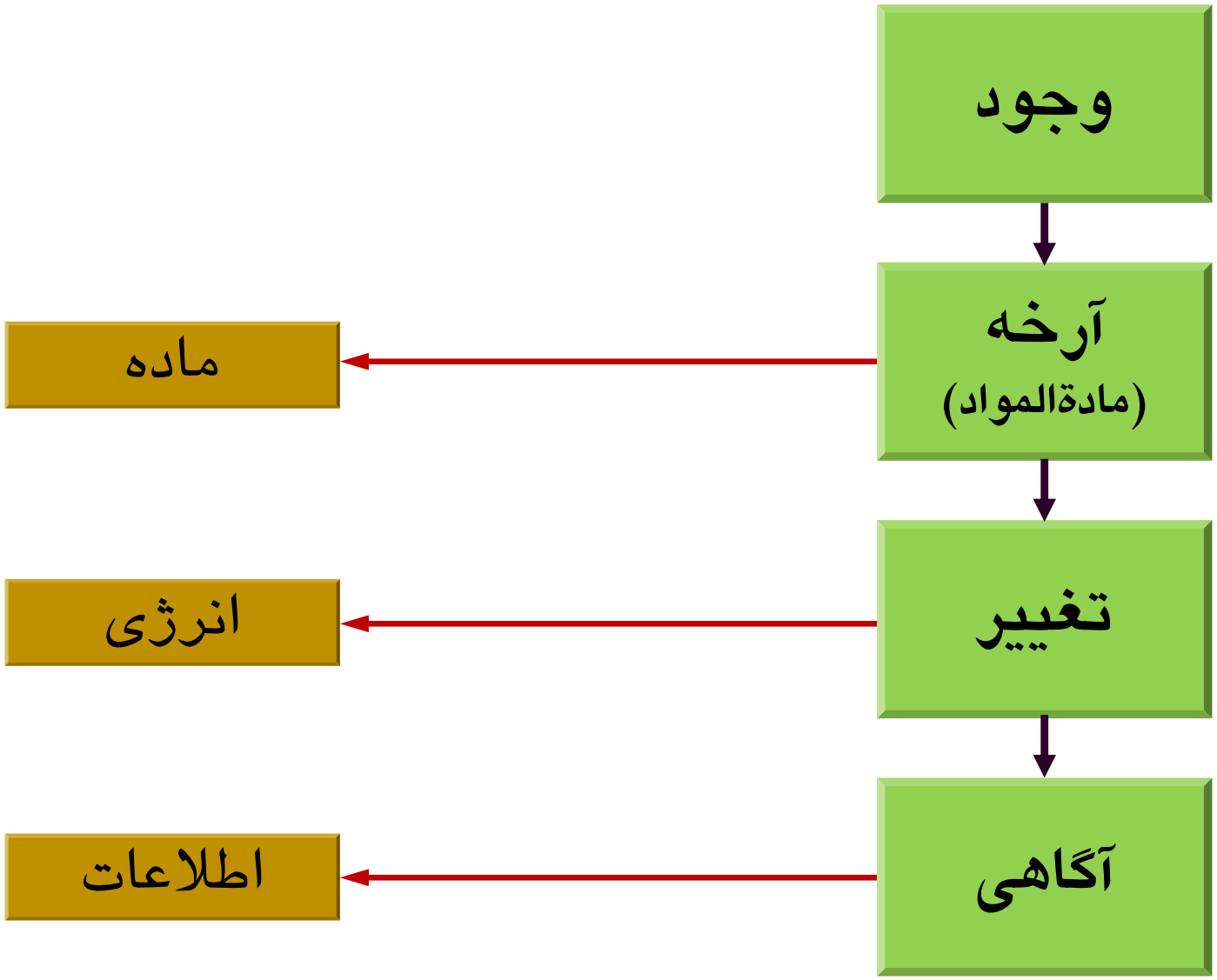
۲

# فلسفه‌ی اطلاعات

# شاکله‌ی محیط ماتریالیستی مدرن



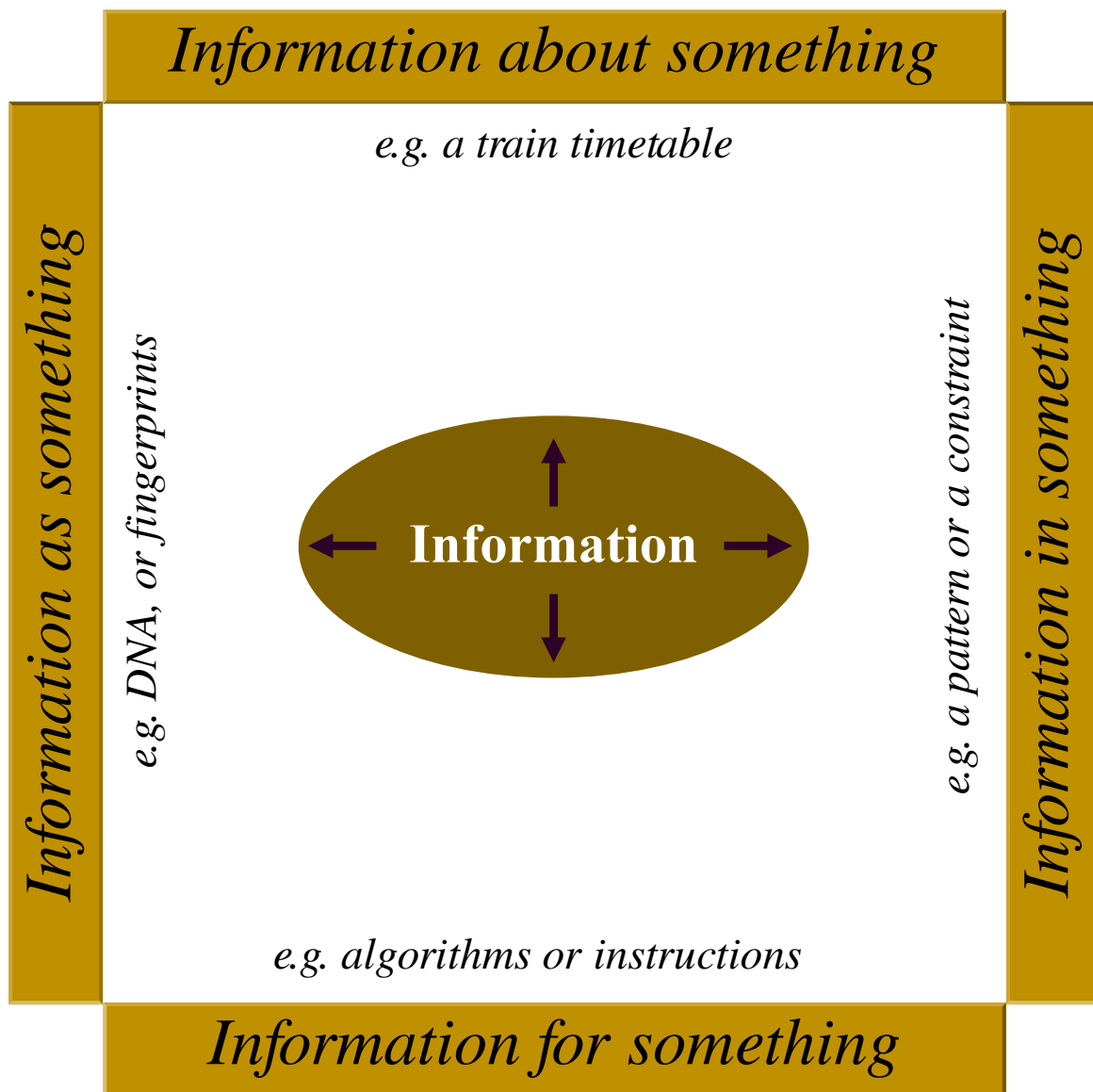
# اطلاعات در سیر فلسفه



## **Professor Luciano Floridi**

Director of Research and Professor of Philosophy and Ethics of Information  
University of Oxford





## فلسفه‌ی اطلاعات فلوریدی

## تعریف دیتا

singular	plural
<i>datum</i>	<i>data</i>
داده	داده‌ها

## تعریف عام داده

یک عدم یکنواختی یا وجود تمایز در یک زمینه

## تعریف دیتا مبتنی بر تفاوت

(DDD: the Diaphoric Definition of Data)

مثلاً یک ماده	عدم یکنواختی در دنیا	<b>de re</b>
مثلاً پر یا خالی بودن یک لیوان	عدم یکنواختی میان حداقل دو حالت فیزیکی	<b>de signo</b>
مثلاً حروف «س» و «ص» در الفبا	عدم یکنواختی میان دو نماد در یک کد	<b>de dicto</b>

\* *dedomena* = “data” in Greek; the word “data” comes from the Latin translation of a work by Euclid entitled *Dedomena*.

\* *diaphora* = the Greek word for “difference”

## فلسفه‌ی اطلاعات فلوریدی

تعریف اطلاعات مبتنی بر داده: تعریف عام اطلاعات

singular	plural
<i>information</i>	-

### تعریف عام اطلاعات

یک یا چند داده‌ی خوش‌فرم معنادار: (داده‌ها + معنا)

## The General Definition of Information (GDI)

**GDI)**  $\sigma$  is an *instance of information*, understood as semantic content, if and only if:

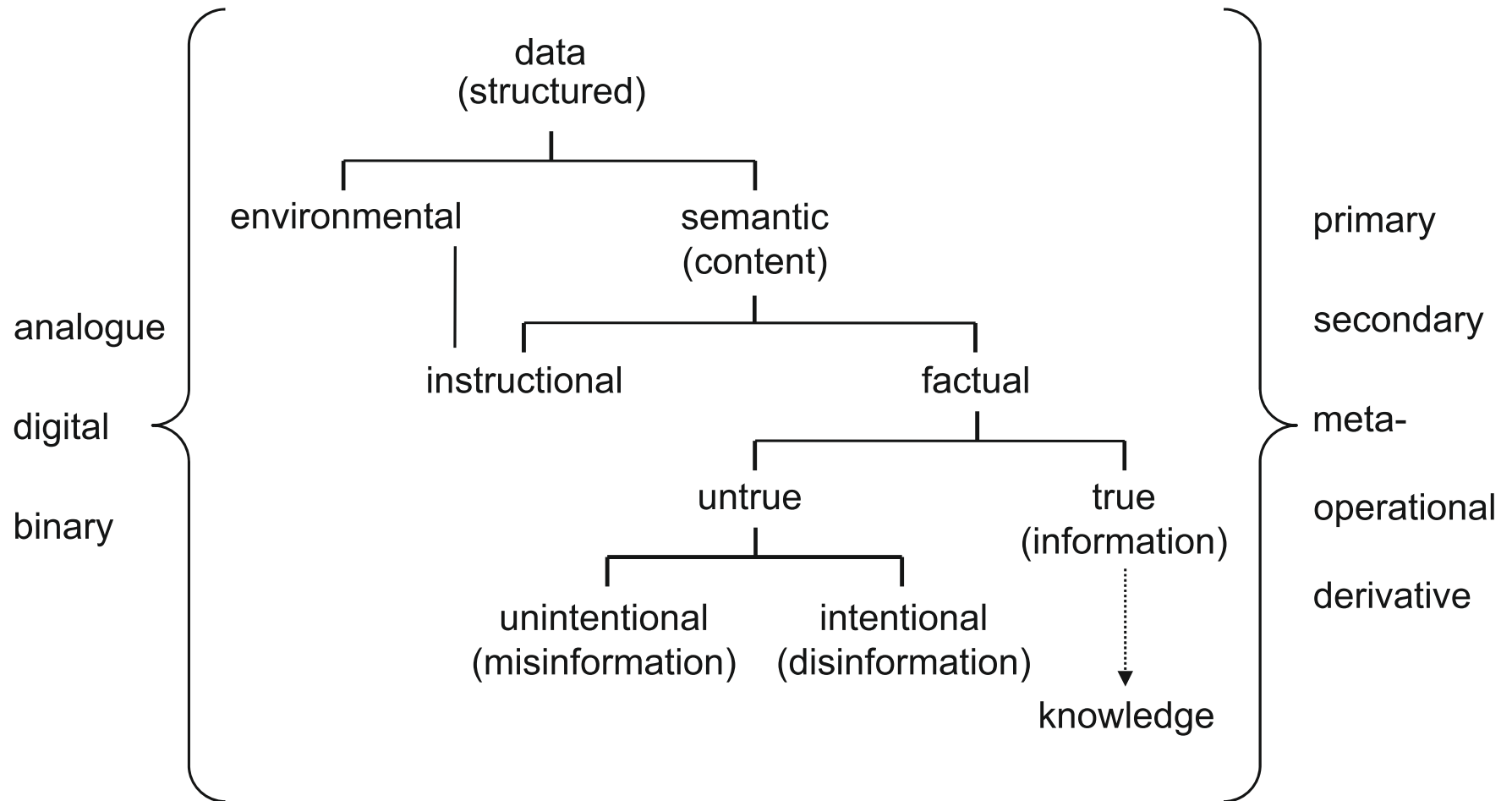
**GDI.1)**  $\sigma$  consists of  $n$  data, for  $n \geq 1$ ;

**GDI.2)** the data are well formed;

**GDI.3)** the well-formed data are meaningful.

## فلسفه‌ی اطلاعات فلوریدی

نقشه‌ی مفاهیم اطلاعات در فلسفه‌ی اطلاعات فلوریدی







**Professor Rafael Capurro**

Research Associate at the Department of Information Science,  
University of Pretoria, South Africa (2020-2022)



Prof. Rafael Capurro

## THE CONCEPT OF INFORMATION

Rafael Capurro  
Hochschule der Medien, Germany

Birger Hjørland  
Royal School of Library and Information Science, Denmark

## تفاوت، مبنای تعریف اطلاعات

در نگاه Andrzej Chmielecki

### اطلاعات

یک چیز **ابزکتیو** است که جرم ندارد، فضا اشغال نمی‌کند و حامل انرژی نیست.

تفاوت‌هایی است که برای سیستم تشخیص‌پذیر است.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



فضای سایبر

جلسه ۱۰

اطلاعات (۲)

# فیزیک اطلاعات و نظریه‌ی اطلاعات

Information (2): Physics of Information & Information Theory

کاظم فولادی قلعه

دانشکده مهندسی، دانشکدگان فارابی

دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/cyber>

اطلاعات

۳

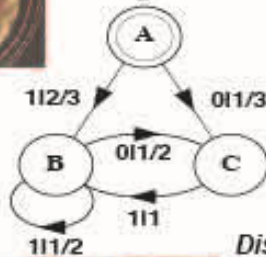
فیزیک  
اطلاعات





# Physics of Information & Physics of Computation

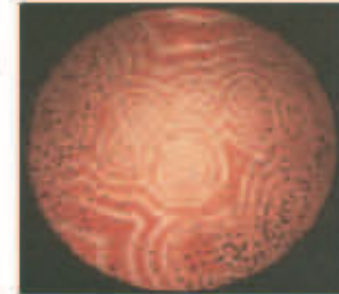
Winter & Spring 2022  
First lecture: 4 January



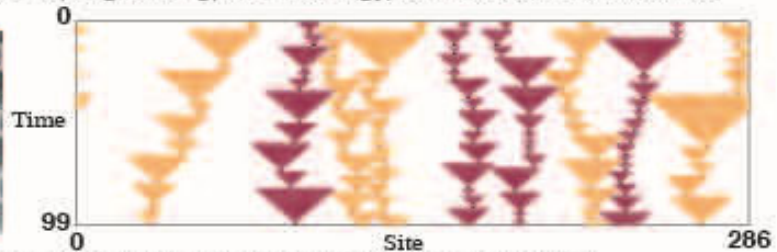
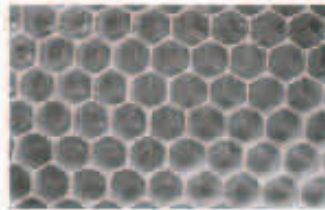
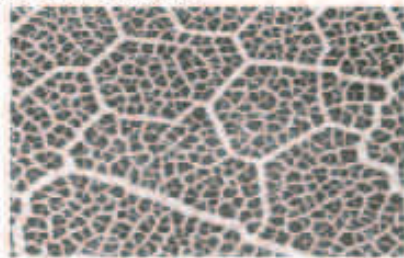
Flipped: Fully online, Python/Jupyter notebooks  
Winner of SIAM First Prize in Teaching Dynamical Systems



- Discover** how nature's structure reflects how nature computes.
- Analyze** intrinsic unpredictability and the emergence of structure in natural systems.
- Explore** their causal architecture using statistical mechanics, dynamical systems, information theory, & computation theory.
- Quantify** randomness and order to see how they are necessarily complementary.
- Understand** how their dynamic interplay generates organization via examples taken from physics, chemistry, and biology.
- Move** to the research frontier in nonlinear physics and complex systems.



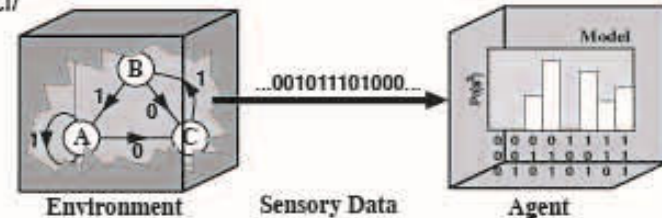
**Audience:** Graduate students in physics, mathematics, computer science, engineering, math'l biology, & theoretical neuroscience. Others also welcome.

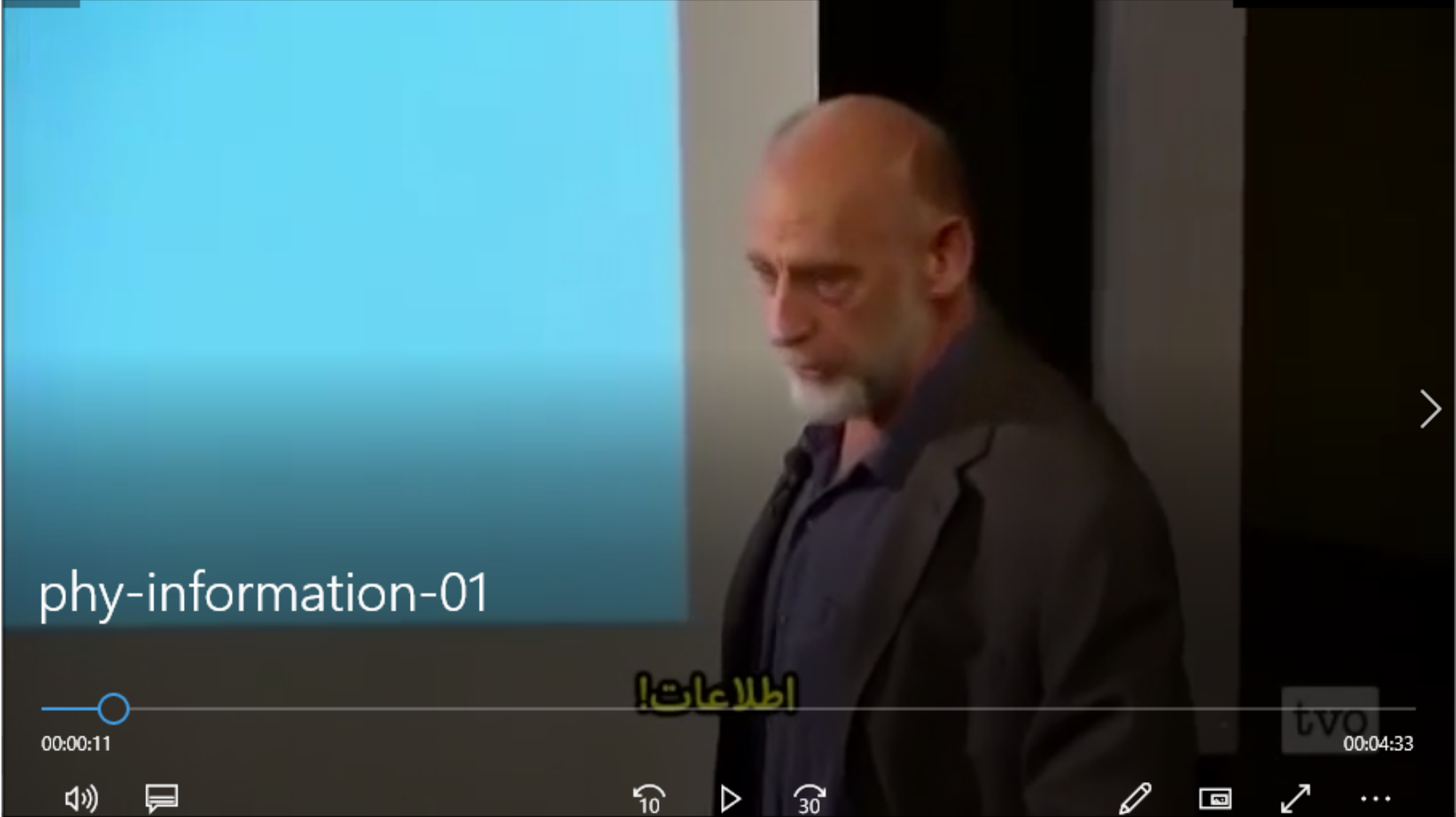


Instructor: Professor *Jim Crutchfield* (Complexity Sciences Center, Physics)



**Online:** <http://csc.ucdavis.edu/~chaos/courses/poci/>  
**Contact:** chaos@ucdavis.edu  
**Courses:** Physics 256A & 256B  
 (CRN: Winter 37646, Spring 55625)  
**Level:** Graduate, 4 units  
**Times:** TuTh 1210-0130 PM  
**Location:** 185 Physics Bldg





phy-information-01



00:00:11

اطلاعات!



00:04:33





phy-information-02

SCIENCE

اطلاعات تو فیزیک چه کار می کنه؟

00:00:14

00:15:32







phy-information-03

THROUGH THE WORMHOLE  
WITH MORGAN FREEMAN  
ALL NEW EPISODE  
WEDNESDAY AT 10P

اصول بنیادی فیزیک میگویند که امکان از دست رفتن "اطلاعات" وجود ندارد.

00:00:01

00:00:56



اطلاعات

۴

تئوری  
اطلاعات

## اتصالات سیستمی

## اتصالات «میان سیستم‌ها» و «میان اجزای سیستم» برای اثرگذاری آنها روی یکدیگر

<p>بین اشیایی که بر هم اثر می‌گذارند.</p>	تبادل ماده	قالب‌ها
	تبادل انرژی	
<p>از طریق سیگنال‌ها شکل مادی این سیگنال‌ها در درجه‌ی دوم اهمیت قرار دارد. اطلاعات در رابطه با حالت یک شیء به شیء دیگر ارسال می‌شود.</p>	انتقال اطلاعات	

## سیگنال

SIGNAL

## سیگنال

یک فرآیند فیزیکی که تجسد (تجسم مادی\*) یک پیام است.

\* *material embodiment*

## کانال

CHANNAL

## کانال

سیستم / محیطی که انتقال سیگنال در آن صورت می‌گیرد.

## انتقال سیگنال

## انتقال سیگنال

## برون خط (offline)

برقراری اتصال «فرا زمانی»

می توان سیگنالها را در حافظه ذخیره کرد و آنها را پس از پردازش با تأخیر زمانی فرستاد.

در نتیجه:

بین اشیای جدا از هم در زمان، اتصال برقرار می شود.

## برخط (online)

برقراری اتصال «فرا مکانی»

می توان یک سیگنال را از جایی به جای دیگر فرستاد.

در نتیجه:

بین اشیای جدا از هم در مکان، اتصال برقرار می شود.

## تئوری اطلاعات

نظریه‌ی ریاضی ارتباطات (کلود شانون)

اطلاعات: چیزی است که باعث کاهش عدم قطعیت می‌شود.

### واقعیت

یک خبر برای دو نفر ارزش برابر ندارد.  
یک خبر برای یک نفر در زمان‌های مختلف ارزش برابر ندارد.

میزان اطلاعات همیشه فقط تابع تعداد نمادها نیست.

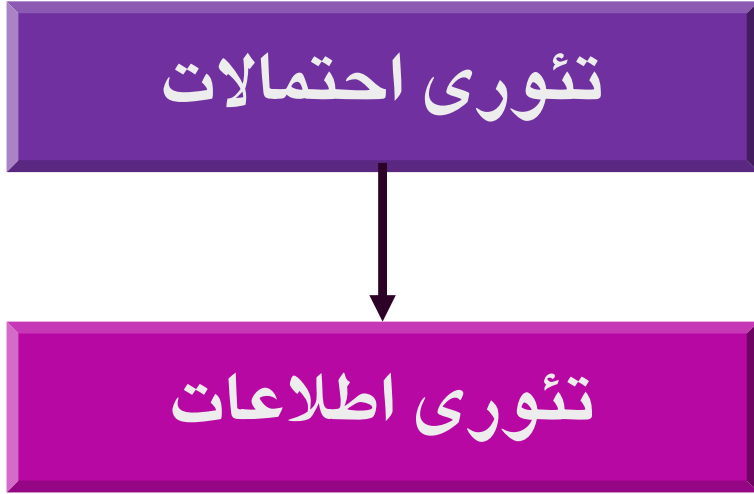
### فرضیه‌ها

تمام اطلاعات / خبر منتقل شده، ارزش یکسانی دارند.

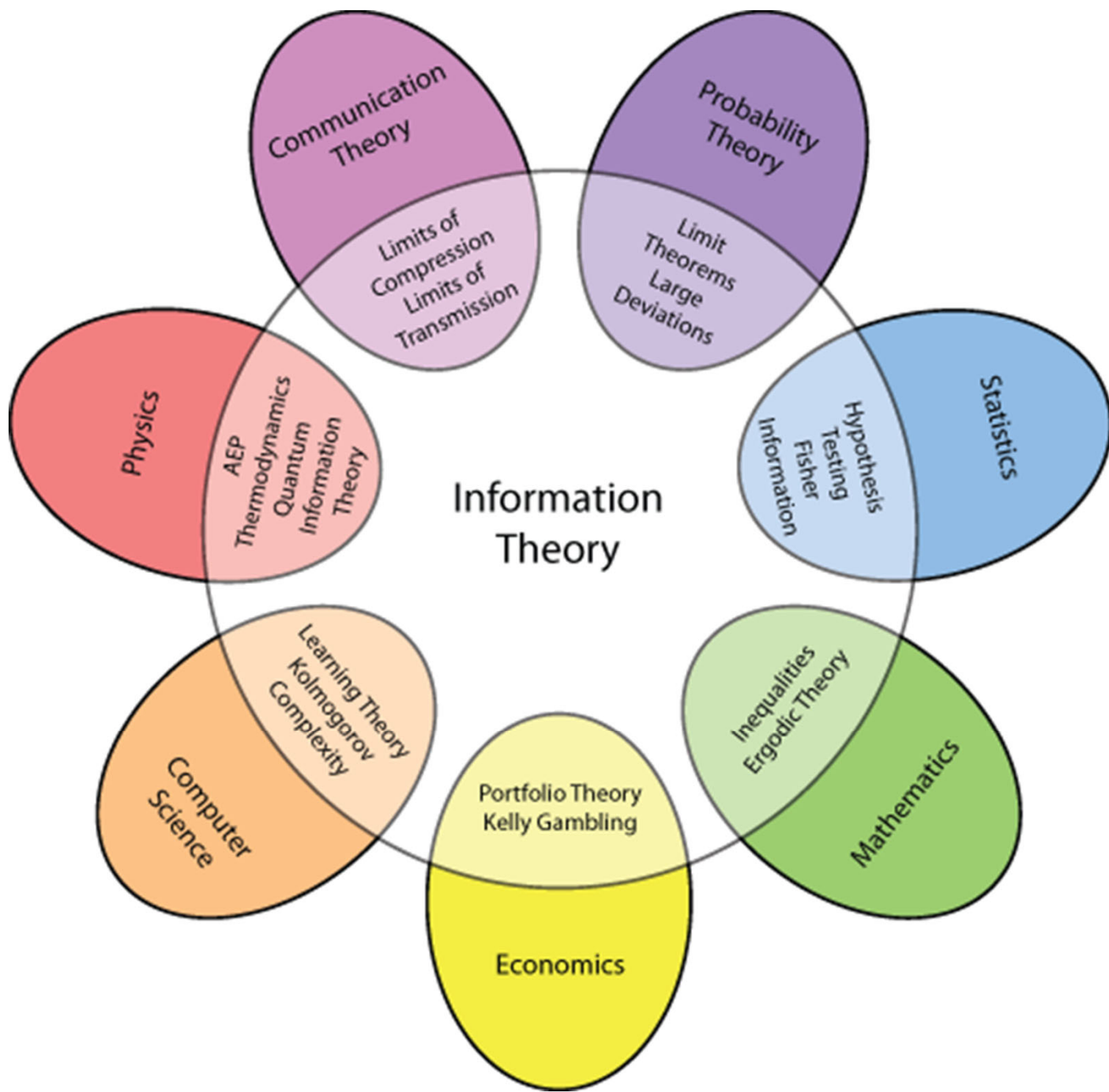
میزان اطلاعات یک خبر، وابسته به تعداد نمادهای منتقل شده است.

## تئوری اطلاعات

تئوری احتمالات، مبنای تئوری اطلاعات







## تئوری اطلاعات

میزان اطلاعات موجود در یک پیام

## رابطه‌ی ریاضی

میزان اطلاعات در پیام  $x$  تابعی صعودی از معکوس احتمال آن است

تعداد نمادهای یک پیام با تعداد حالت‌های ممکن یک پیام رابطه‌ی لگاریتمی دارد.

## ویژگی

هرچه پیامی احتمال کمتر داشته باشد، اطلاعات موجود در آن بیشتر است.

میزان اطلاعات یک پیام، وابسته به تعداد نمادهای آن است.

میزان اطلاعات در پیام  $x$ 

$$I(x) = \log\left(\frac{1}{p(x)}\right) = -\log(p(x))$$

## تئوری اطلاعات

واحد اطلاعات

هر پیام، هر اندازه پیچیده را می توان با دنباله ای از تنها دو نماد متفاوت (مثلاً 0 و 1) نمایش و انتقال داد.



## واحد اطلاعات

بیت

Bit

(Binary Digit)

(رقم دودویی)

\* کلمه ی digit به معنی انگشت است و مجازاً به معنای رقم به کار می رود.

## تئوری اطلاعات

میزان اطلاعات موجود در یک پیام

در تئوری اطلاعات، مقدار متوسط اطلاعات موجود در یک پیام که با احتمال مفروض از یک مجموعه از پیام‌های ممکن انتخاب شده است، در نظر گرفته می‌شود.

### میزان اطلاعات

#### حداکثر

وقتی احتمال همه‌ی پیام‌های ممکن «از پیش: قبل از دریافت پیام» برابر باشد، اطلاعات حداکثر است.

در این مورد چون هیچ پیامی محتمل‌تر دیگری نیست، دریافت پیام اطلاعات زیادی می‌دهد.

#### حداقل

وقتی احتمال همه‌ی پیام‌ها بجز یکی صفر می‌شود، مقدار اطلاعات برابر صفر است.

در این مورد از قبل معلوم است که چه پیامی دریافت خواهد شد.  
پس پیام چیز تازه‌ای در بر ندارد: شامل هیچ اطلاعاتی نیست.

## تئوری اطلاعات

میزان اطلاعات موجود در یک پیام

اگر «پیام» نتیجه‌ی یک آزمایش با  $N$  نتیجه‌ی ممکن باشد (که از قبل معلوم نیست):  
مجموعه‌ی نتایج و احتمال هر یک از آنها به صورت زیر باشد:

نتیجه	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_N$
احتمال نتیجه	$p(x_1)$	$p(x_2)$	$p(x_3)$	...	$p(x_N)$

میزان اطلاعات در پیام  $X$ 

$$H(X) = \sum_{i=1}^N p(x_i) I(x_i) = - \sum_{i=1}^N p(x_i) \log(p(x_i))$$

$$0 \leq H(X) \leq \log N$$

## تئوری اطلاعات

## تعبیر H

**H: اندازه‌ای از عدم قطعیت اولیه‌ی نتیجه‌ی آزمایش است**

پیام مربوط به نتیجه‌ی آزمایش، این عدم قطعیت را از بین می‌برد.

$$\begin{aligned} H &= (\text{میزان عدم قطعیت نتیجه پس از آزمایش}) - (\text{میزان عدم قطعیت نتیجه پیش از آزمایش}) \\ &= (0) - (\text{میزان عدم قطعیت نتیجه پیش از آزمایش}) \\ &= (\text{میزان عدم قطعیت نتیجه پیش از آزمایش}) \end{aligned}$$

## تئوری اطلاعات

## آنتروپی

آنتروپی در هر سیستم متناسب با «بی‌نظمی» است.  
هر چه نظم بیشتر شود، آنتروپی کاهش می‌یابد.  
کاهش نظم، در اثر افزایش آنتروپی است.

\* کلمه‌ی entropy از یک ریشه‌ی یونانی به معنی «رفتن به درون خود» است.

## تئوری اطلاعات

آنتروپی و اصل دوم ترمودینامیک

### اصل دوم ترمودینامیک

ویژگی هر سیستم بسته و ایزوله این است که  
به سمت هرج و مرج و بی‌نظمی کامل پیش می‌رود.

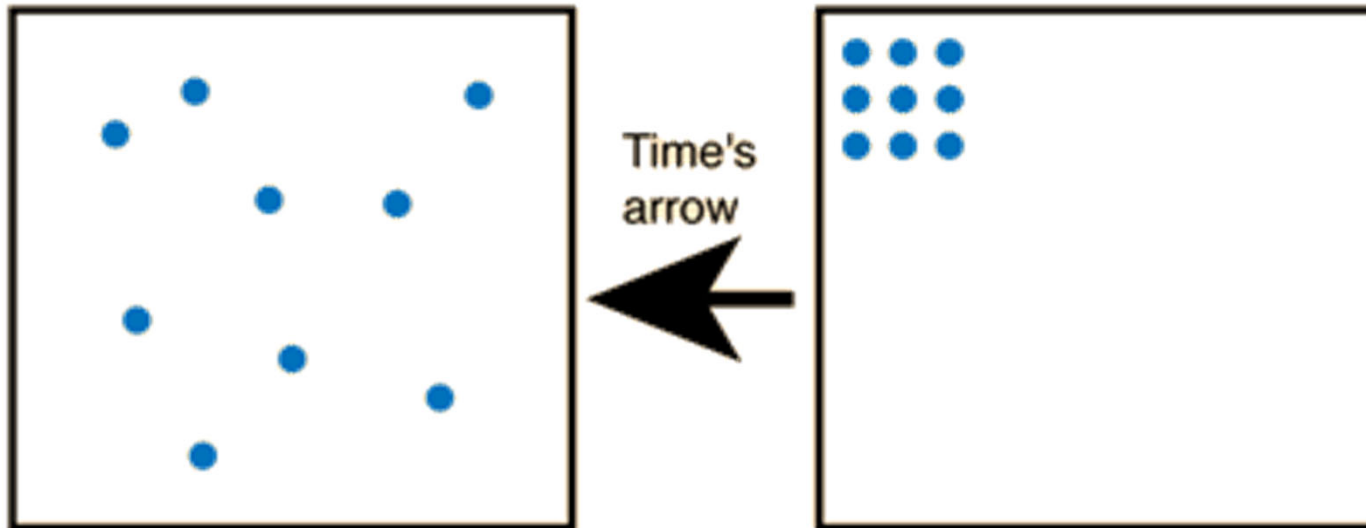
نیکولاس لئونارد سعدی کارنو، فیزیکدان فرانسوی، ۱۸۲۹ م

### اصل دوم ترمودینامیک و آنتروپی

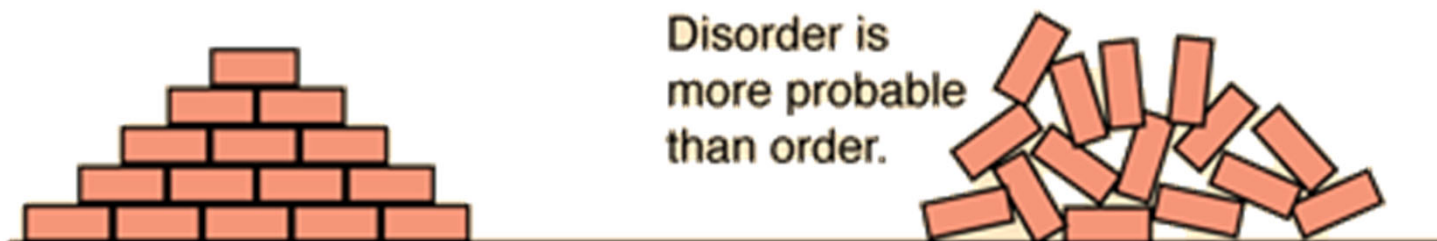
هر سیستم بسته همواره افزایش آنتروپی خواهد داشت:  
(در هر سیستم بسته، هرگز آنتروپی کاهش نمی‌یابد)

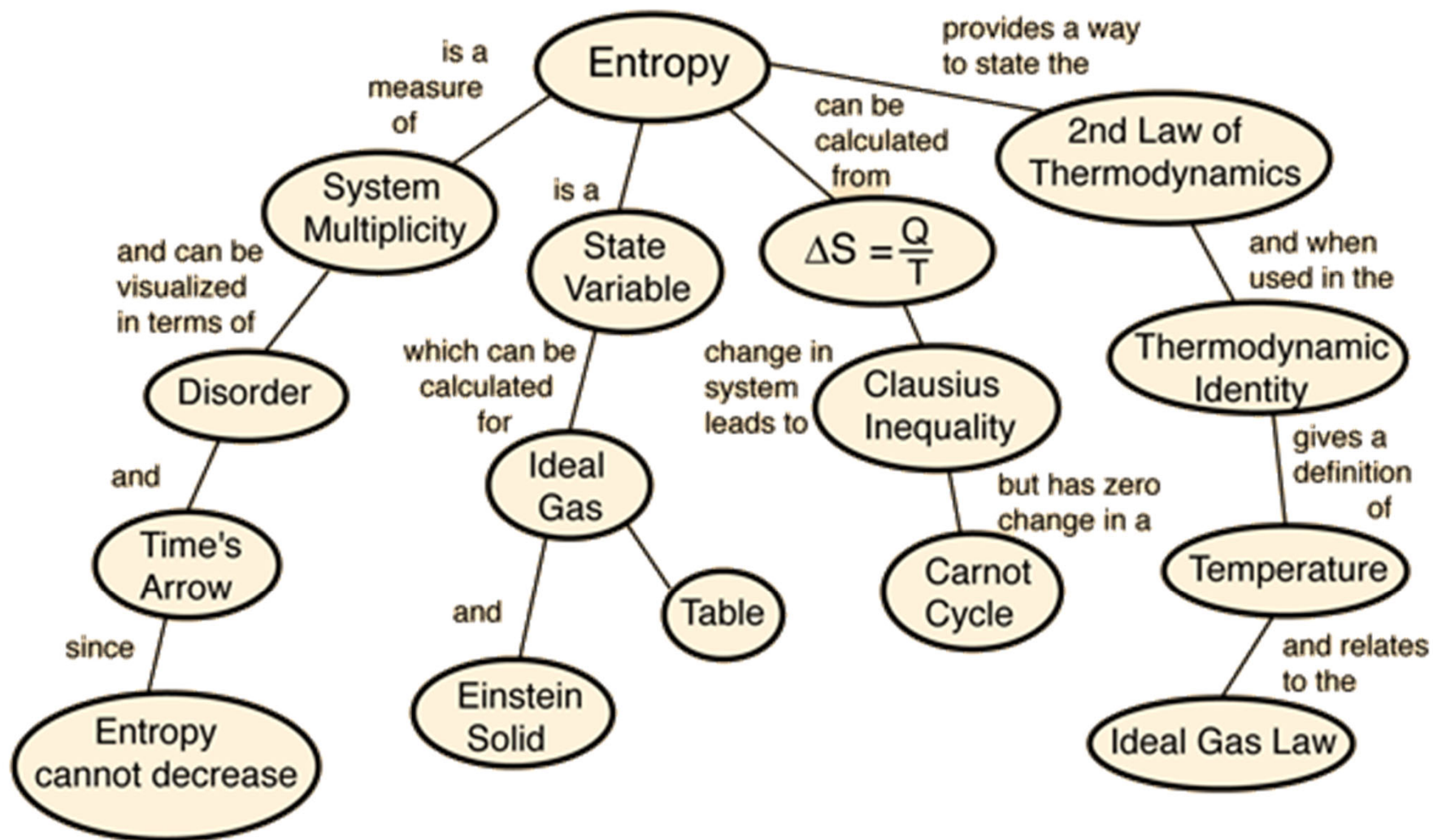


If the particles represent gas molecules at normal temperatures inside a closed container, which of the illustrated configurations came first?



If you tossed bricks off a truck, which kind of pile of bricks would you more likely produce?





## نسبت بین تئوری اطلاعات با فیزیک آماری

تعبیر آنتروپی در فیزیک آماری

آنتروپی، اندازه‌ای از فقدان اطلاعات درباره‌ی حالت یک سیستم فیزیکی است

Soltzman، فیزیکدان آلمانی



ایجاد رابطه‌ای عمیق بین «تئوری اطلاعات» و «فیزیک آماری»  
نتیجه: پیشرفت تئوری اطلاعات به عنوان یک تئوری فیزیکی

## تئوری اطلاعات

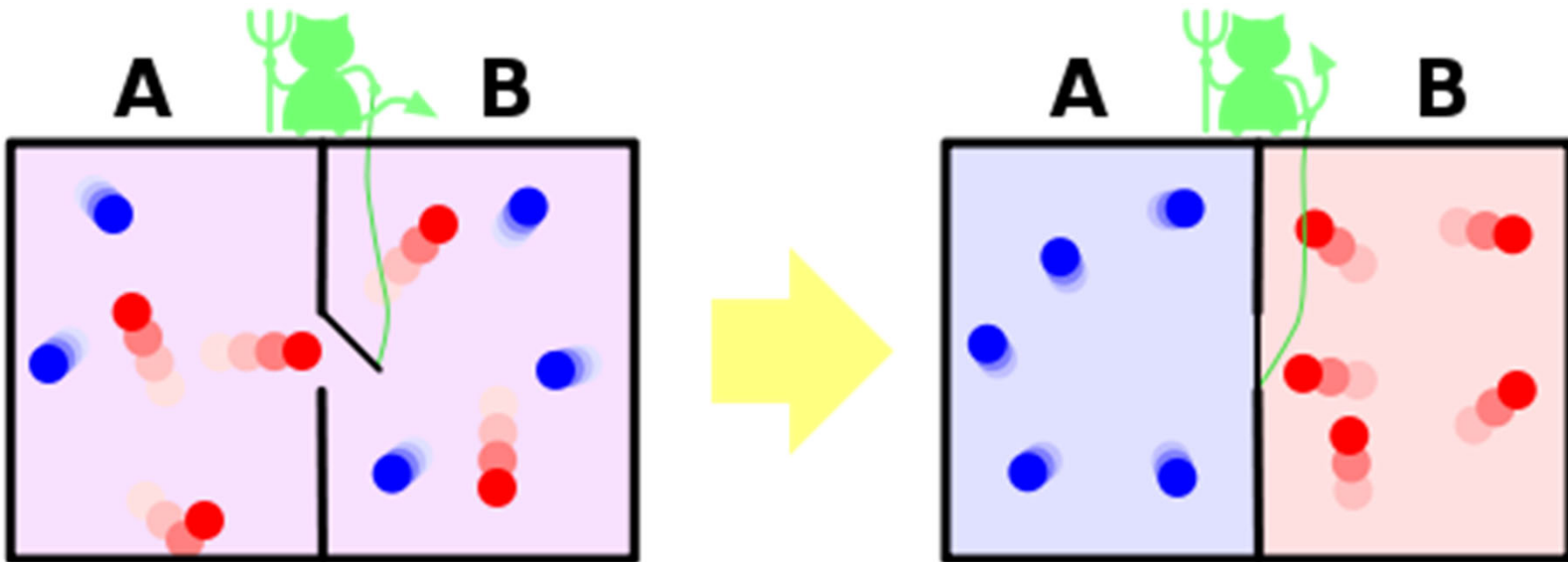
آنچه در تئوری اطلاعات نادیده گرفته می شود

- جنبه‌های معنایی اطلاعات نادیده گرفته می شود.
- ارزش اطلاعات از نظر گیرنده نادیده گرفته می شود.
- صورت نگهداری اطلاعات نادیده گرفته می شود.

## مصادق‌های آن‌تروپی

سیستم	آن‌تروپی سیستم
بیولوژیکی	پیر شدن و کهولت
شیمیایی	تجزیه‌ی مواد
زبان‌شناختی	از دست رفتن معنای واژه‌ها
...	...

## شیطان ماکسول

MAXWELL'S DEMON



phy-information-04

00:03:08

00:09:02



## نقش کنترل

یک سیستم تنها در صورتی کاهش آنتروپی (افزایش نظم) دارد که **بسته** نباشد.



باید از بیرون، عاملی بر آن اعمال شود (اطلاعات = آنتروپی منفی).



## کنترل

به عنوان عامل کاهنده‌ی آنتروپی عمل می‌کند.

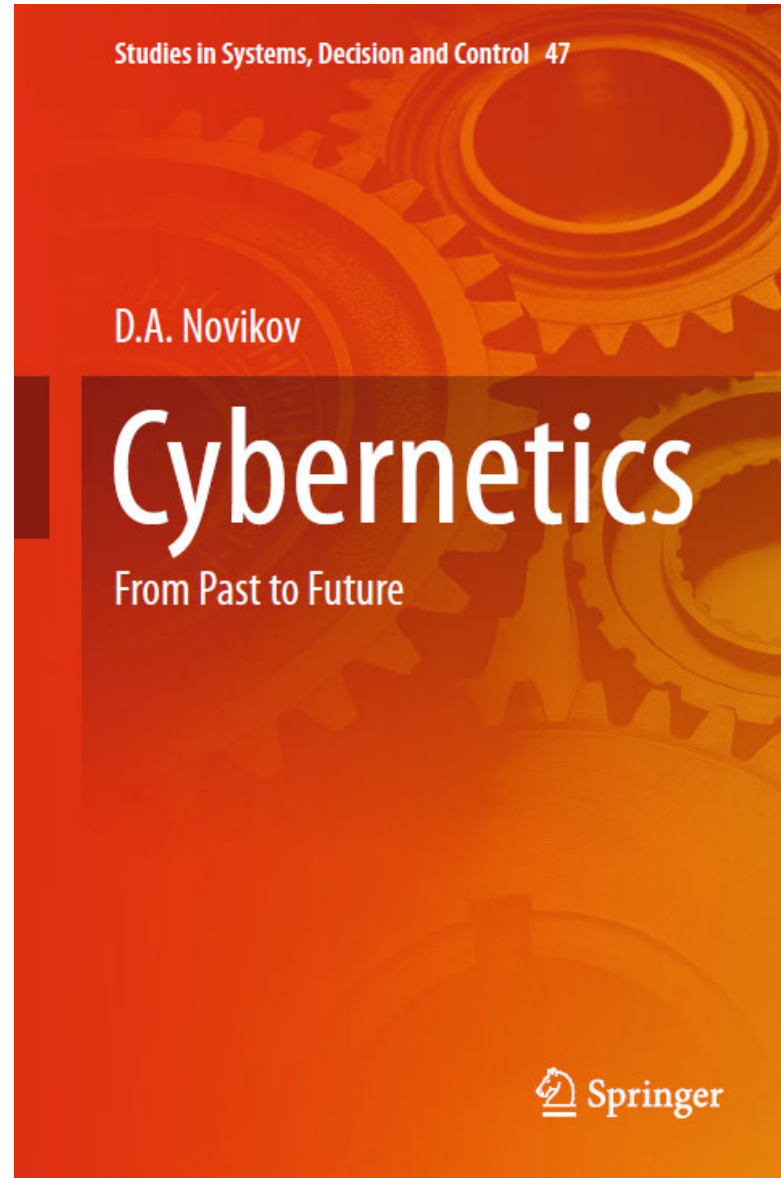


اطلاعات

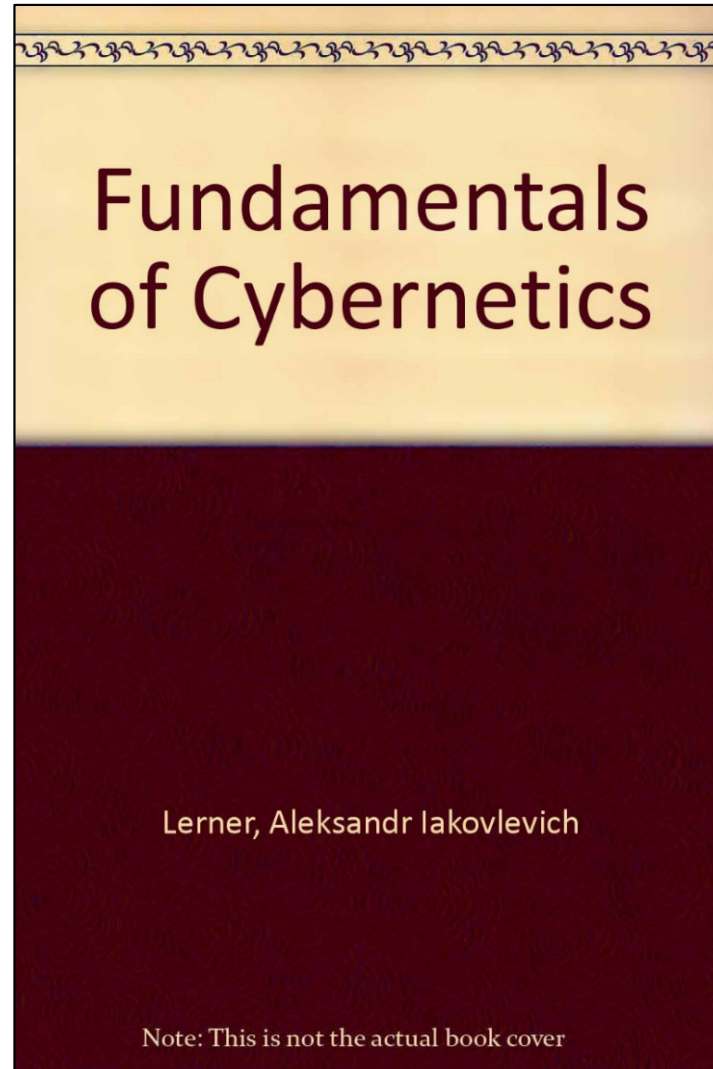
۵

منابع  
و  
مراجع

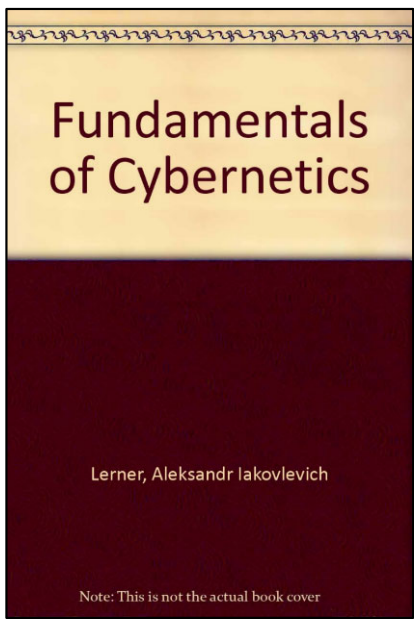
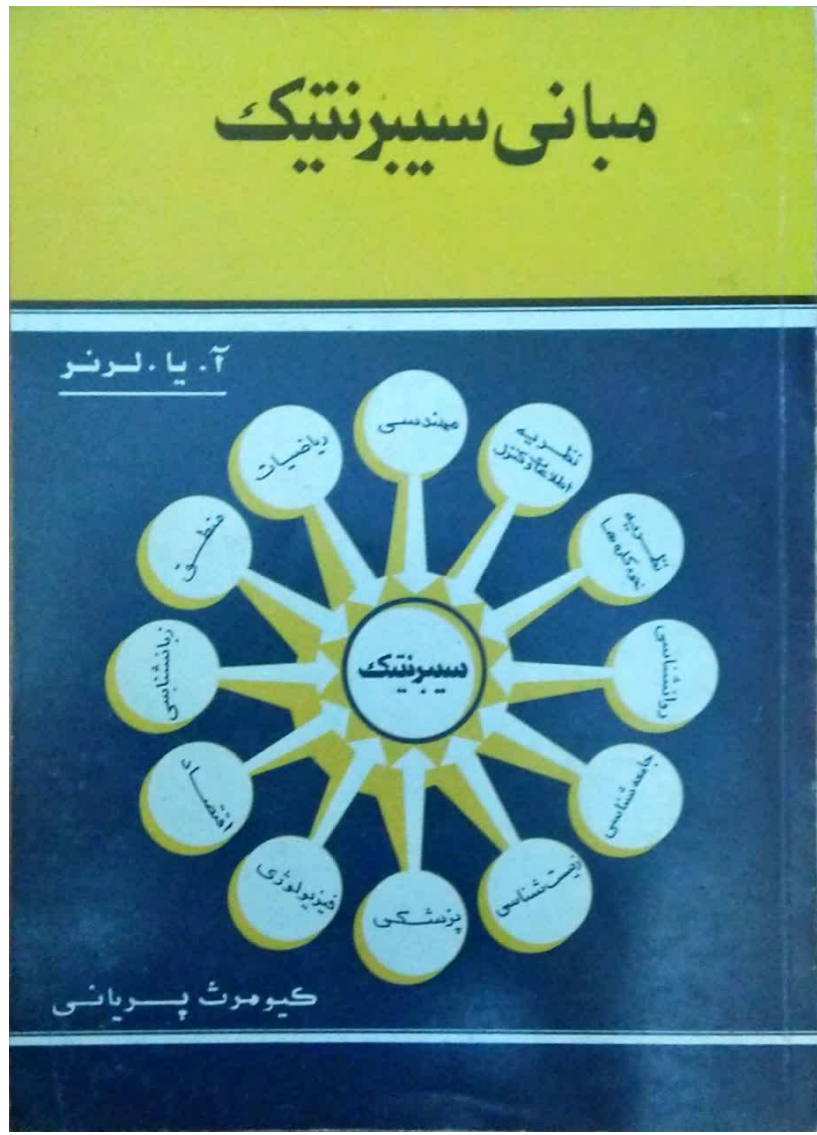
## کتاب مرجع



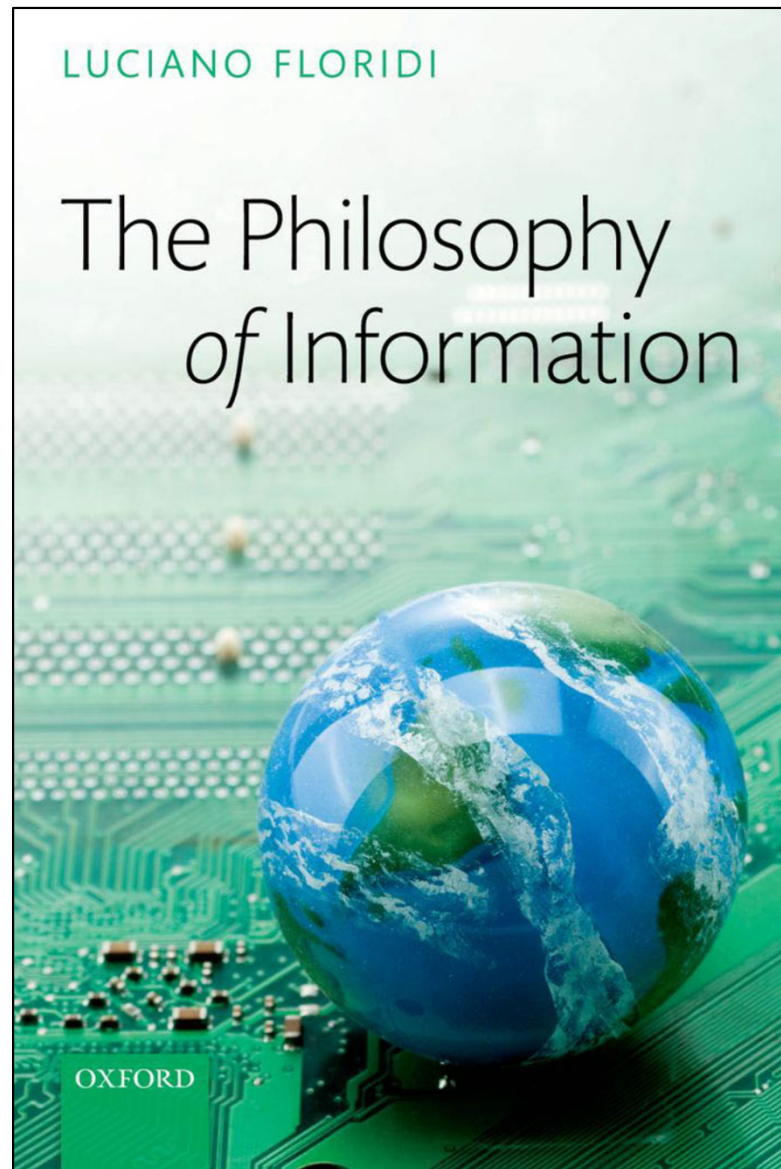
## کتاب مرجع



# کتاب مرجع



کتاب مرجع



## کتاب مرجع

# PUTTING INFORMATION FIRST

Luciano Floridi and the  
Philosophy of Information

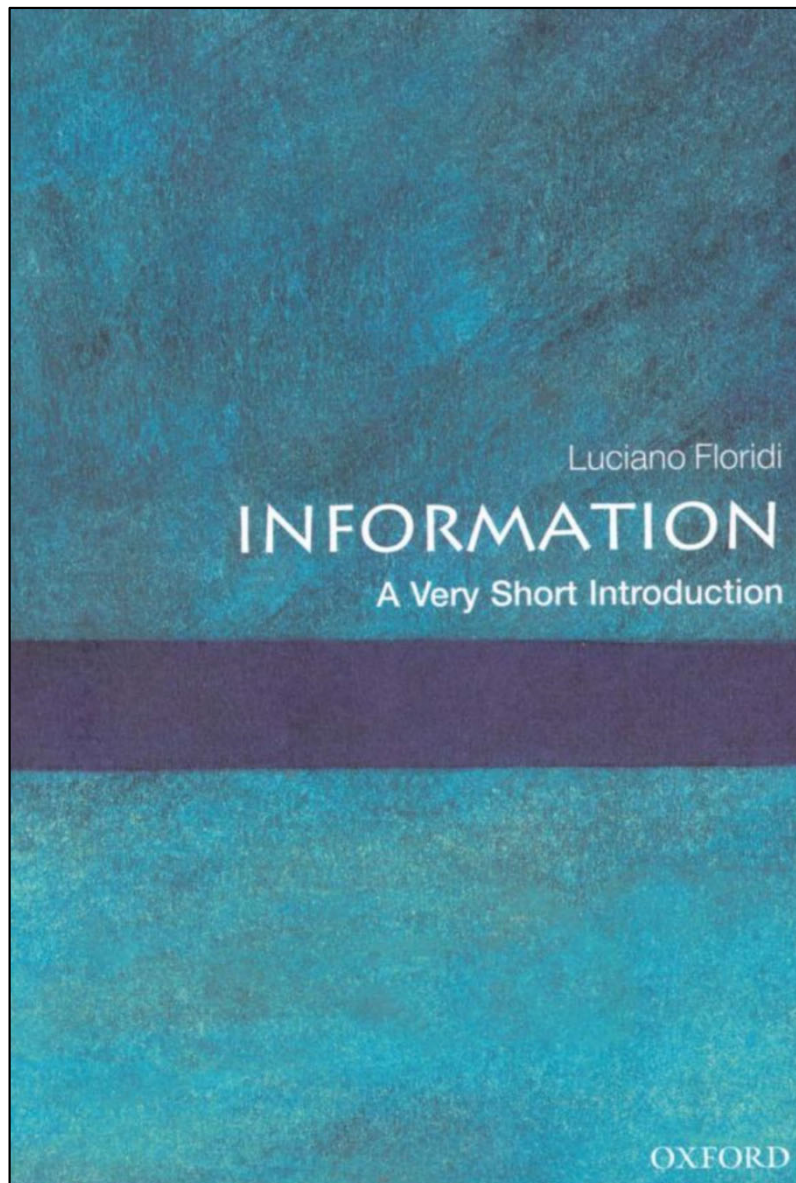


Edited by  
Patrick Allo

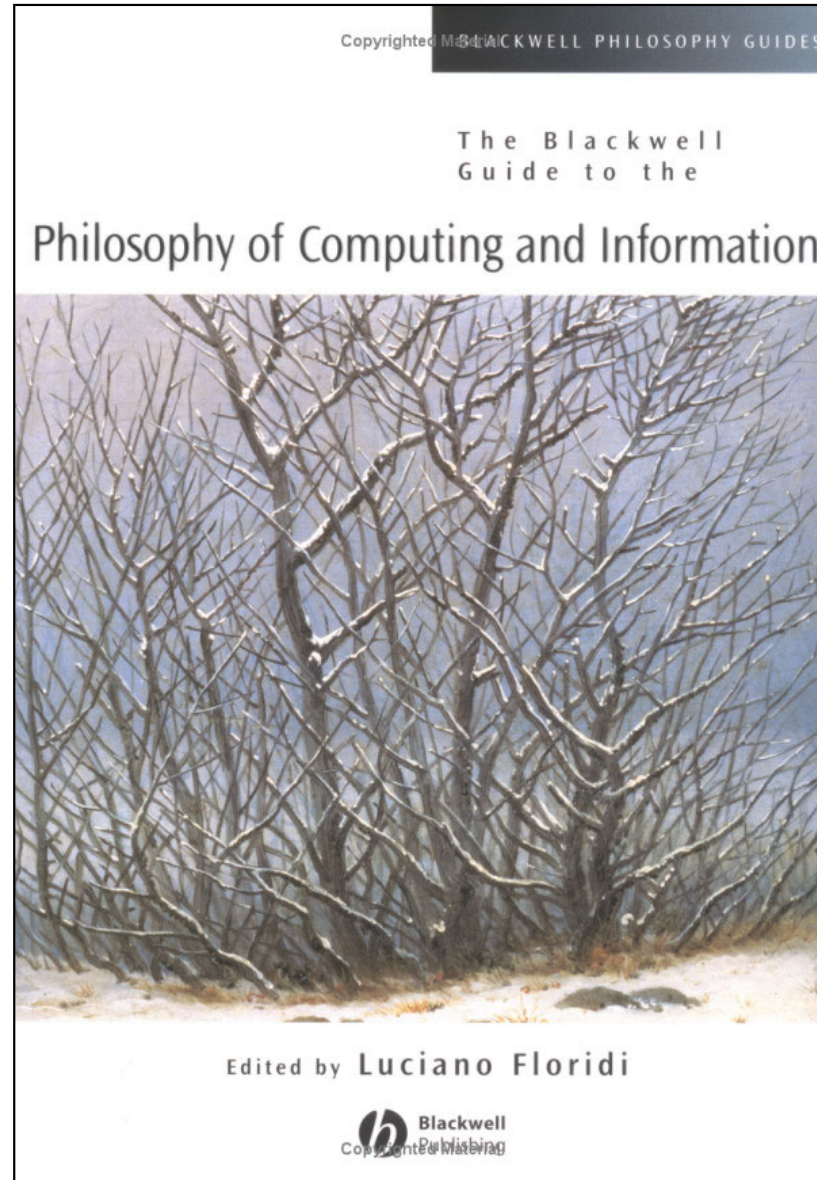
 WILEY-BLACKWELL



کتاب مرجع

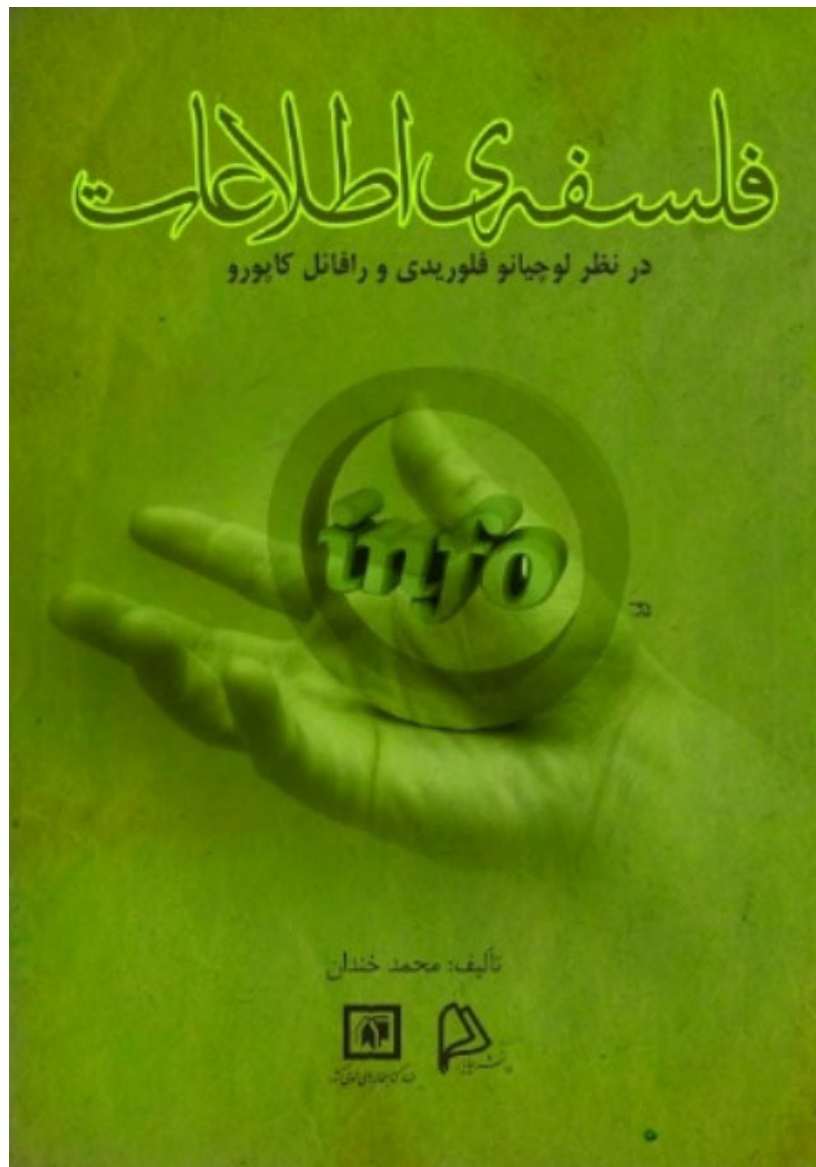


## کتاب مرجع

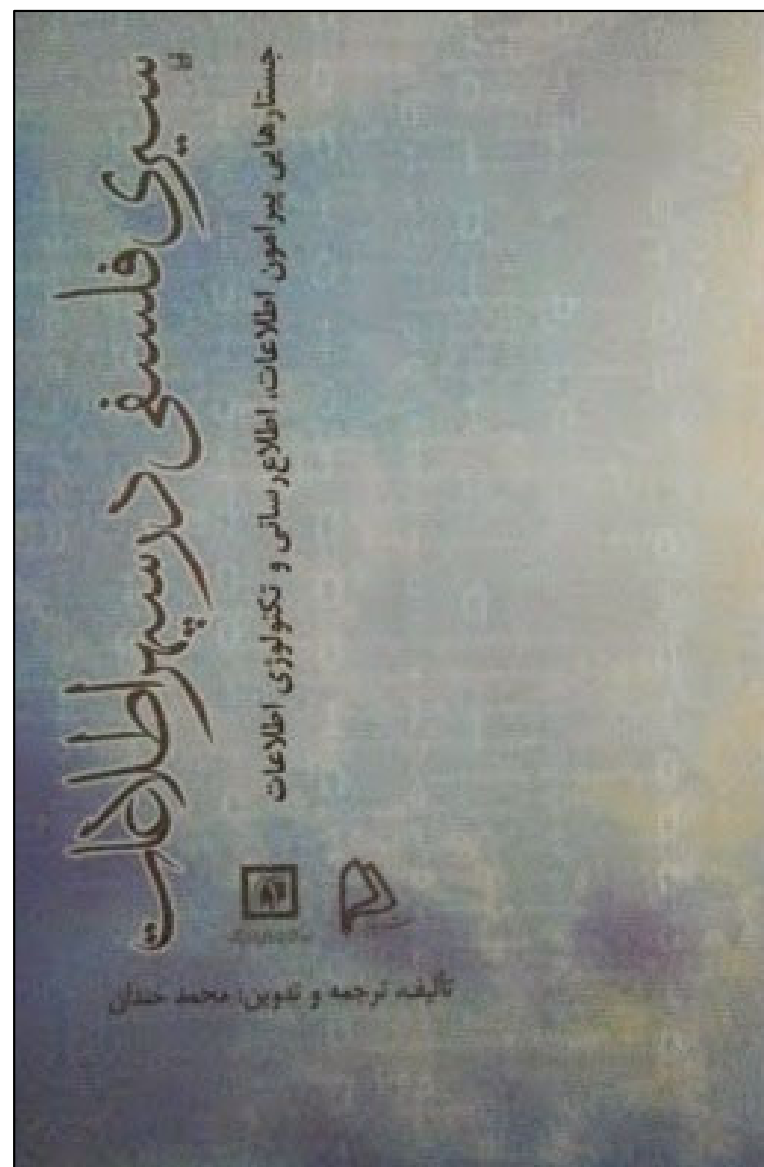




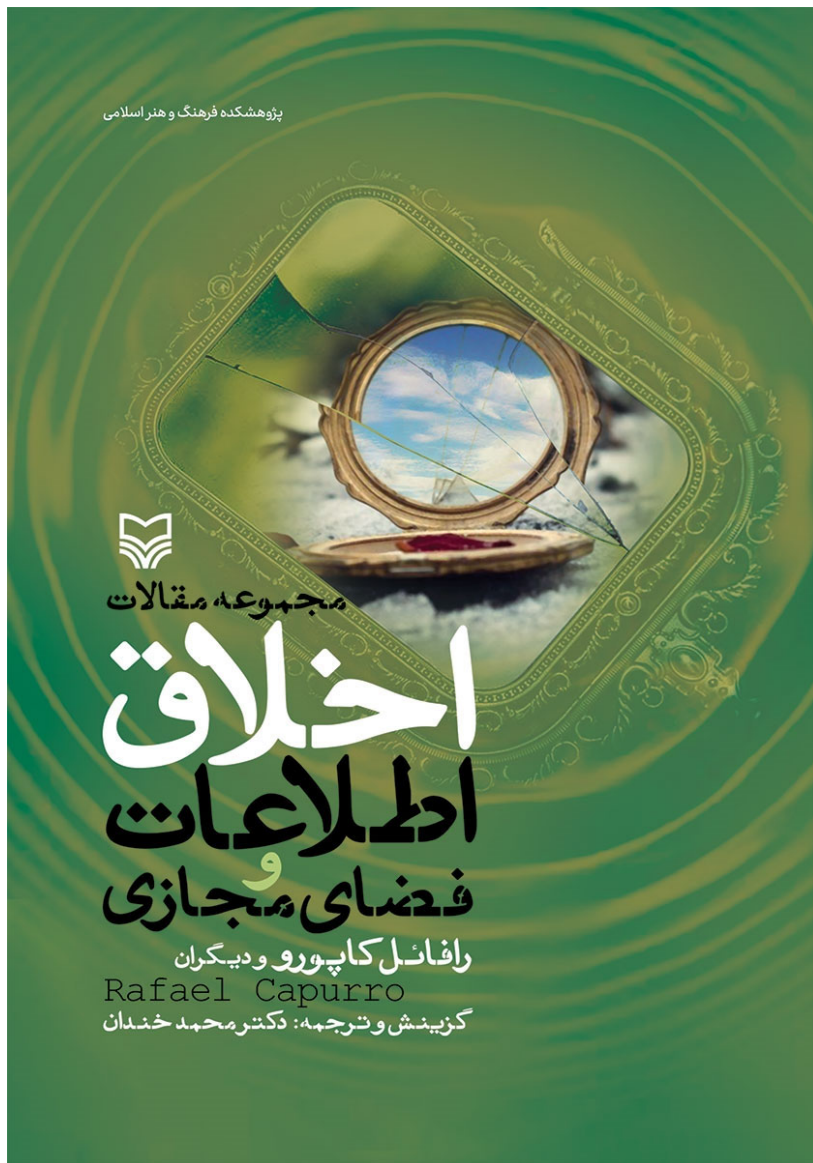
کتاب مرجع



کتاب مرجع



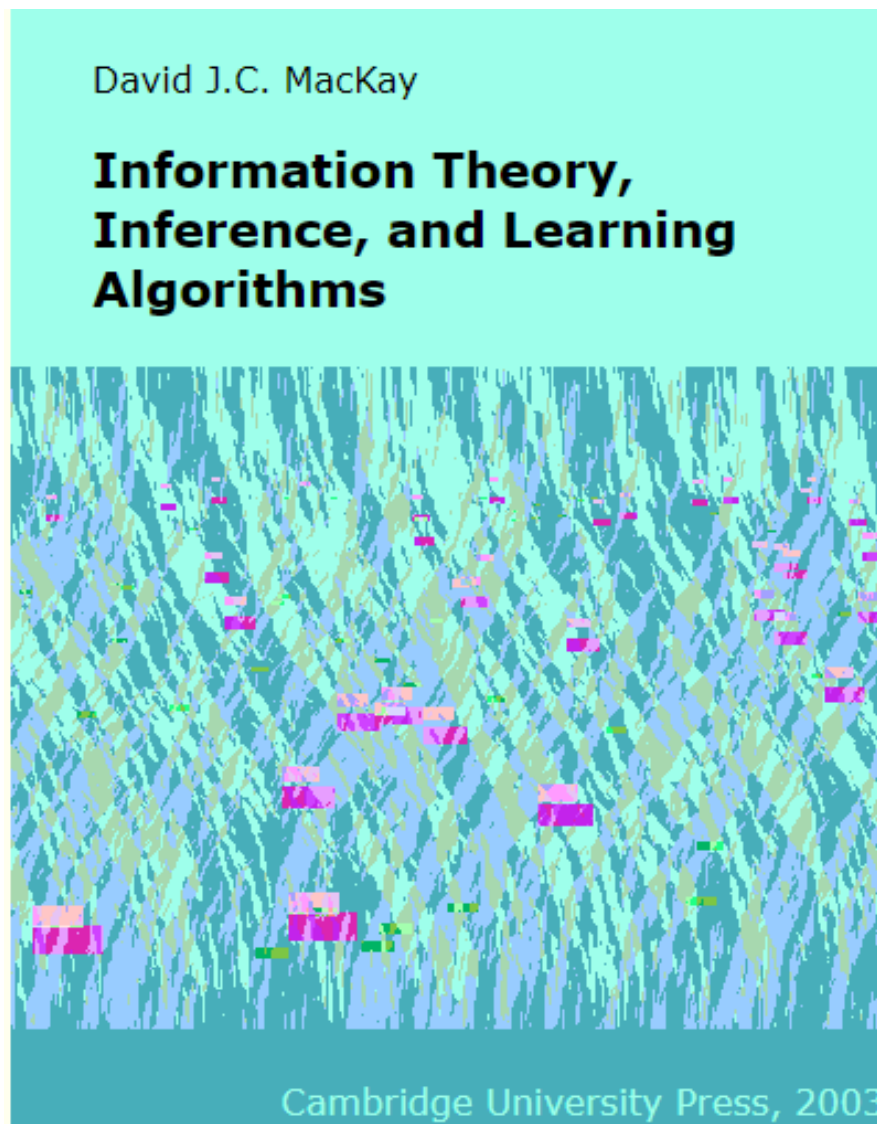
# کتاب مرجع



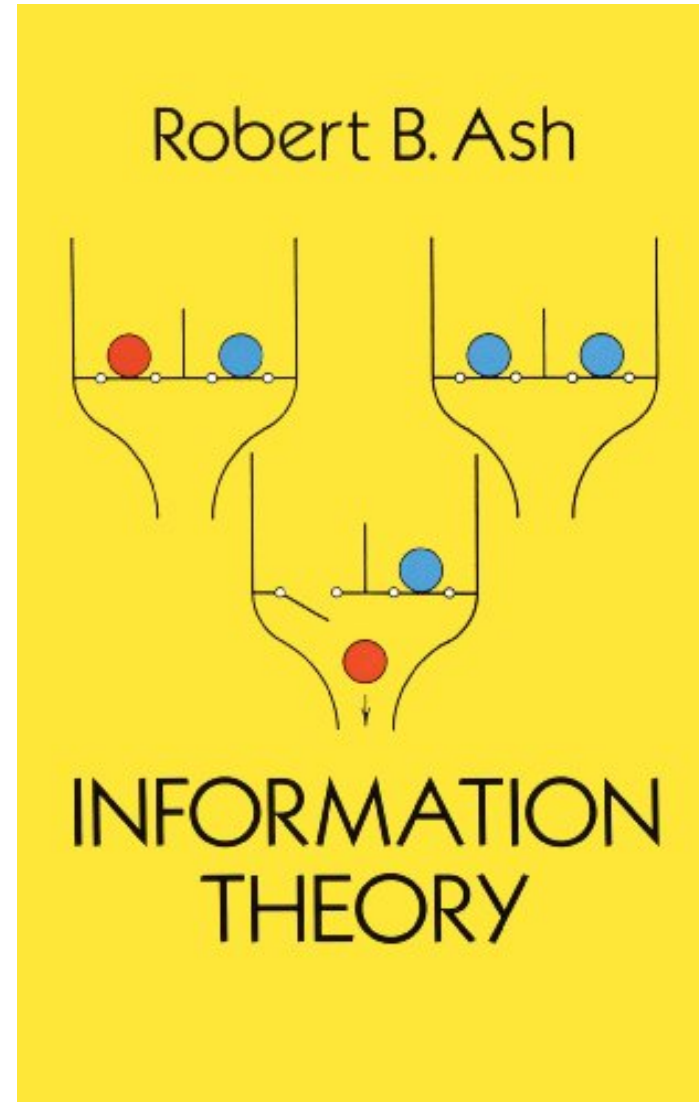
## کتاب مرجع



کتاب مرجع

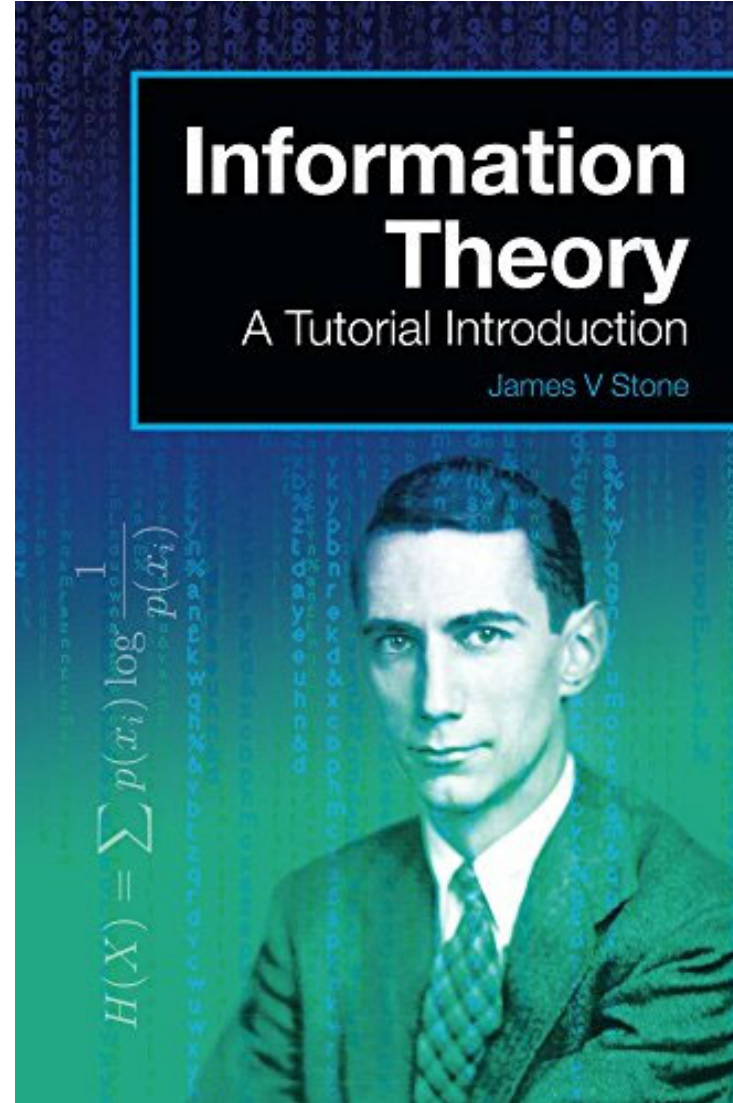


## کتاب مرجع

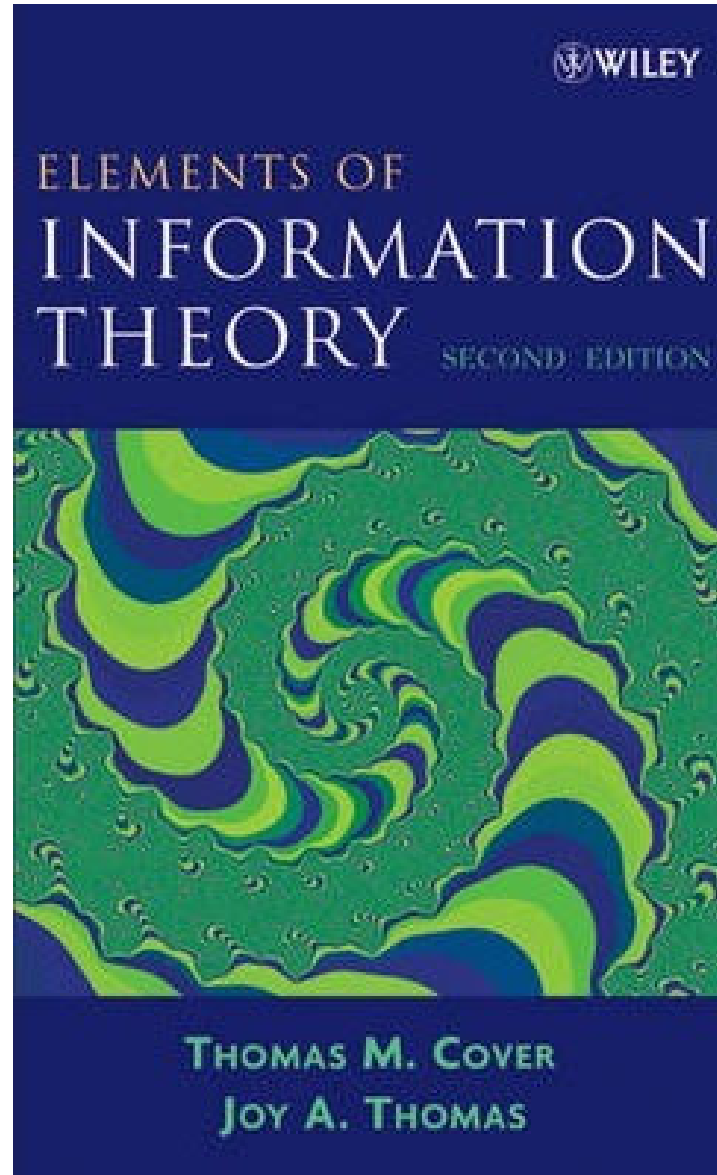




## کتاب مرجع

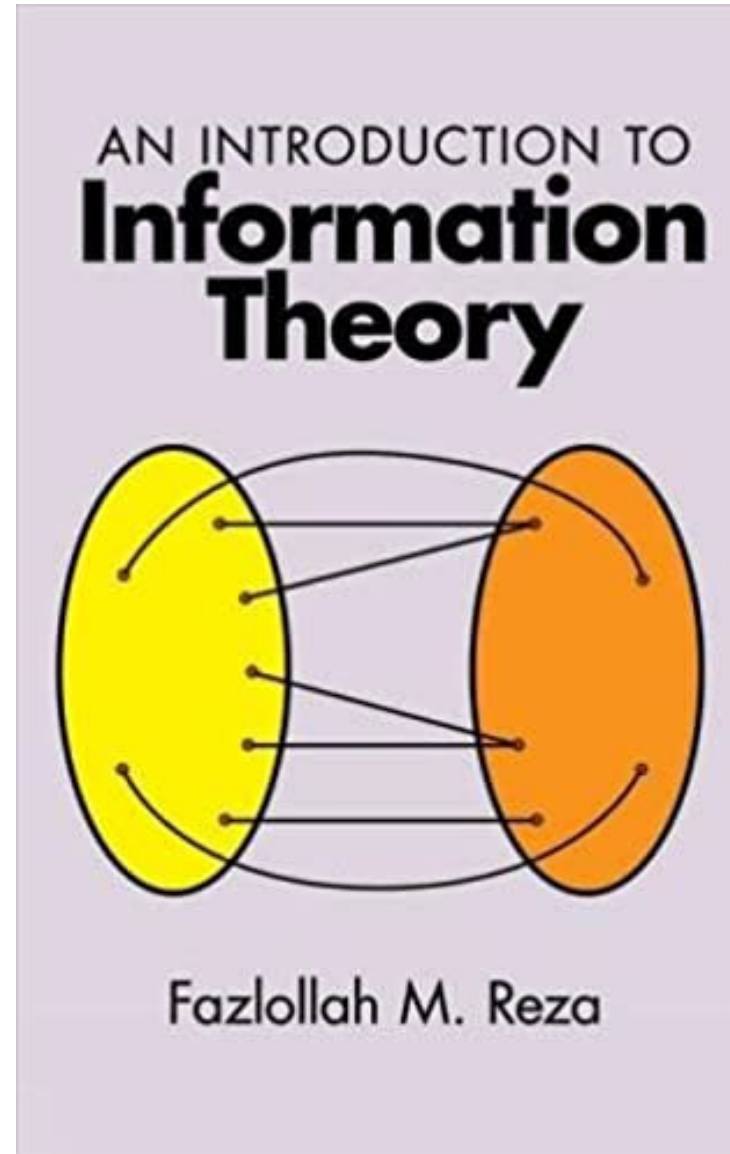


## کتاب مرجع

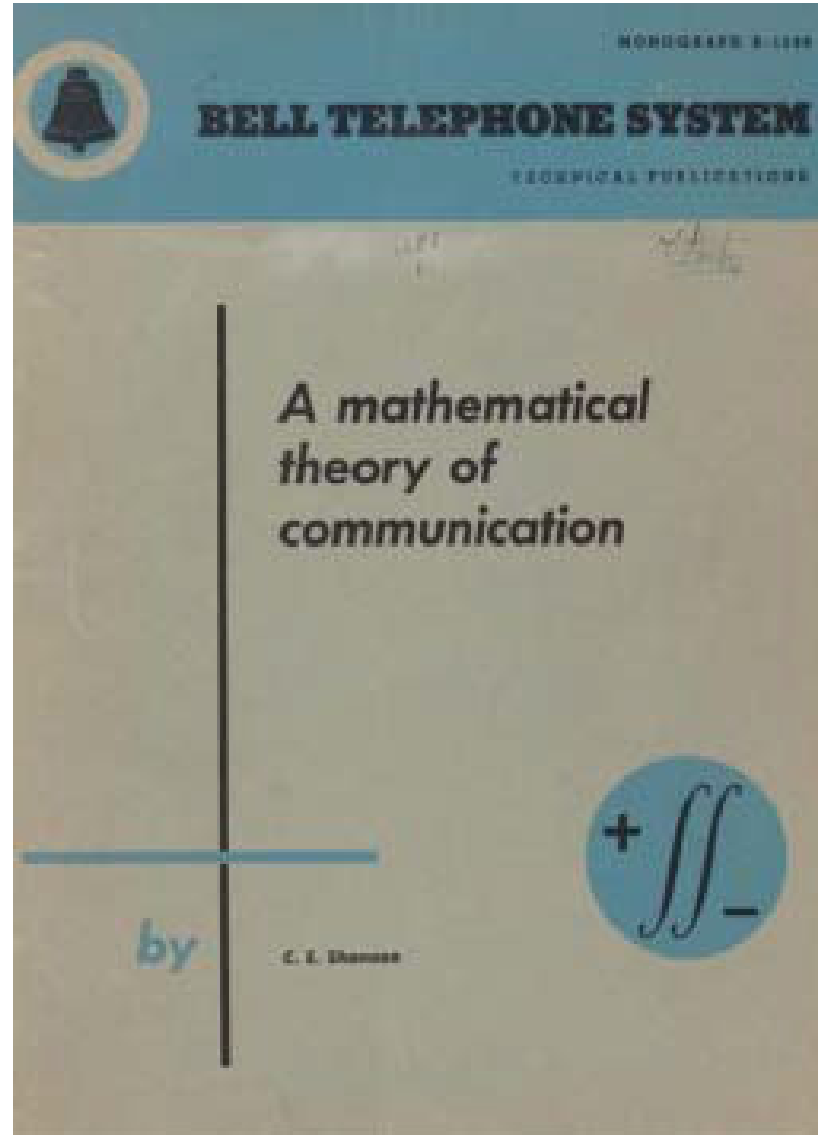




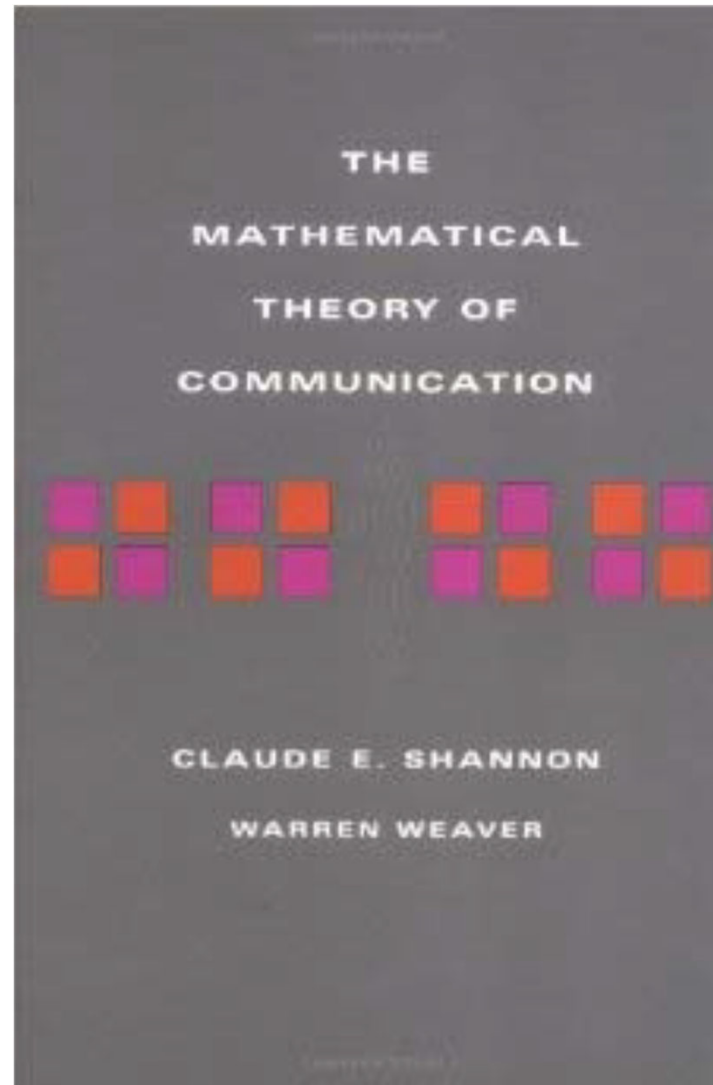
## کتاب مرجع



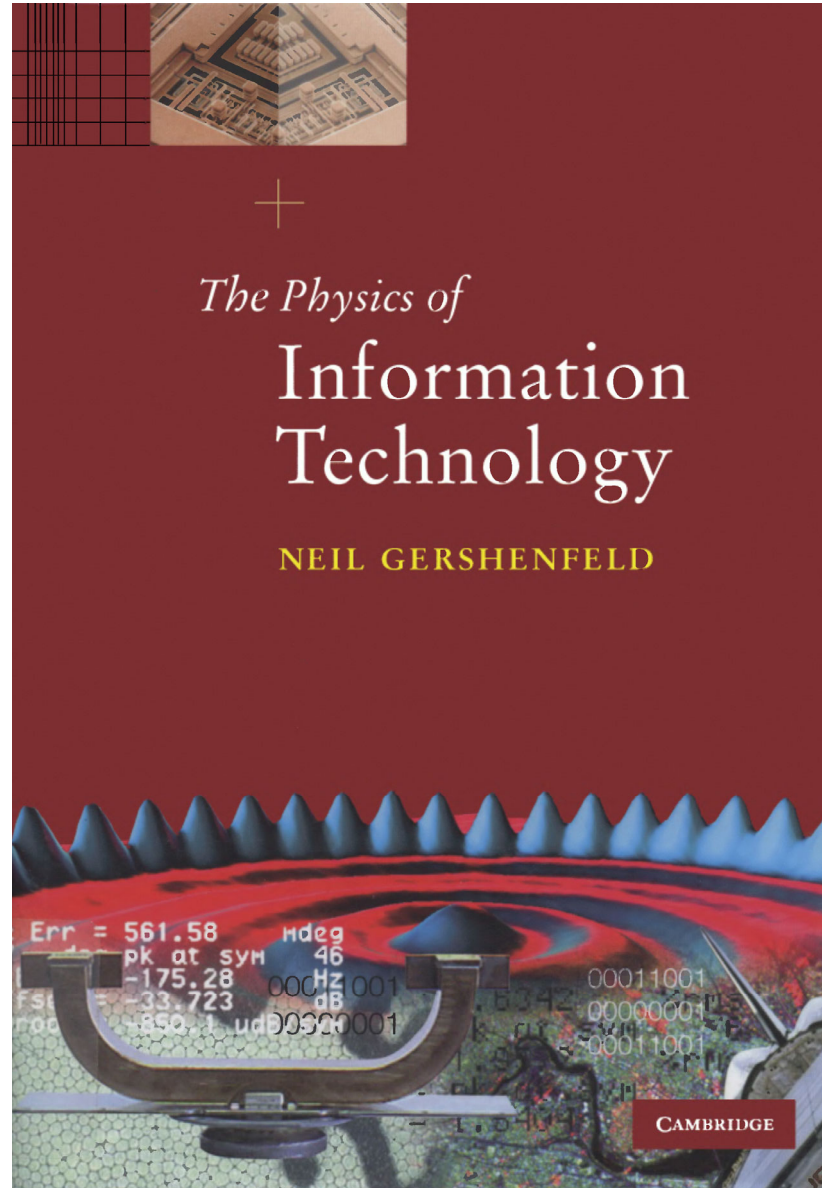
## کتاب مرجع



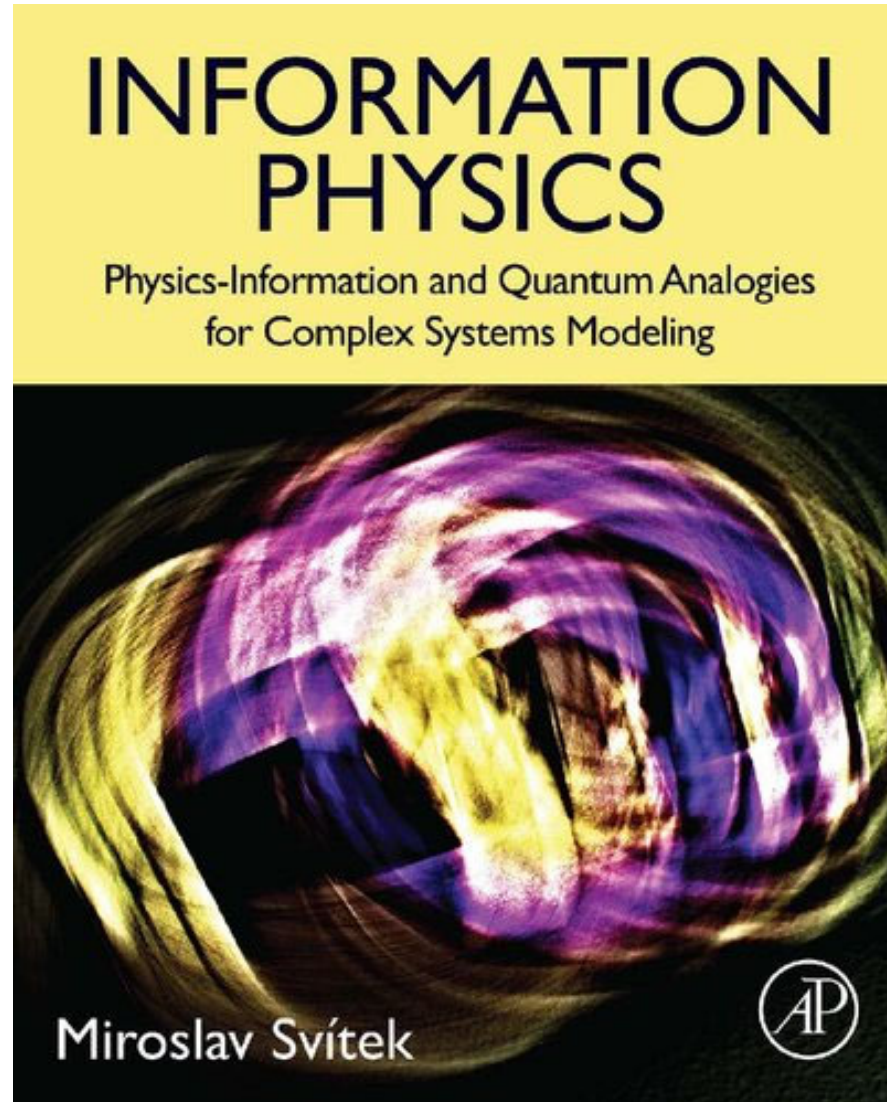
## کتاب مرجع



## کتاب مرجع



## کتاب مرجع



## کتاب مرجع

