

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مباحث ویژه پیرامون فضای سایبر

مبحث ۲

دکترین اطلاعات

The Doctrine of Information

کاظم فولادی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تهران

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

دکترین اطلاعات

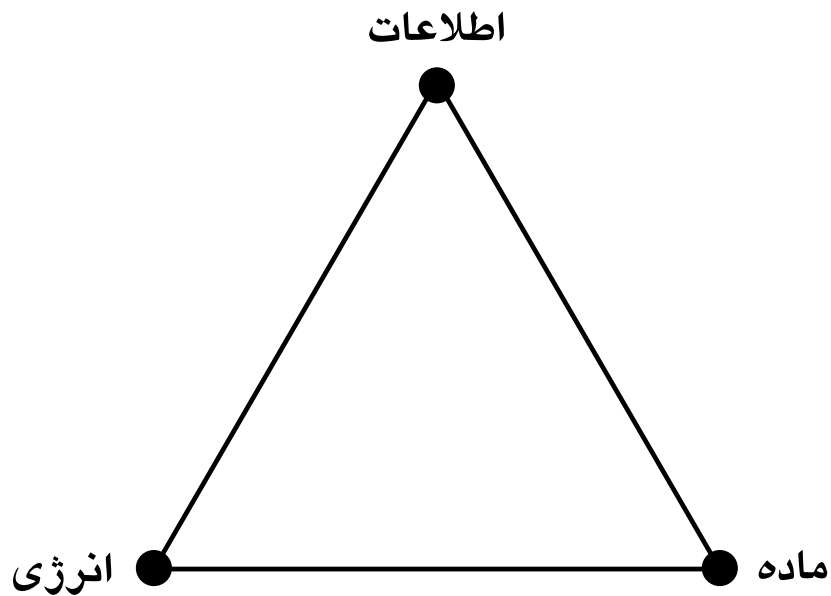


مقدمه

شاکله‌ی محیط ماتریالیستی کلاسیک

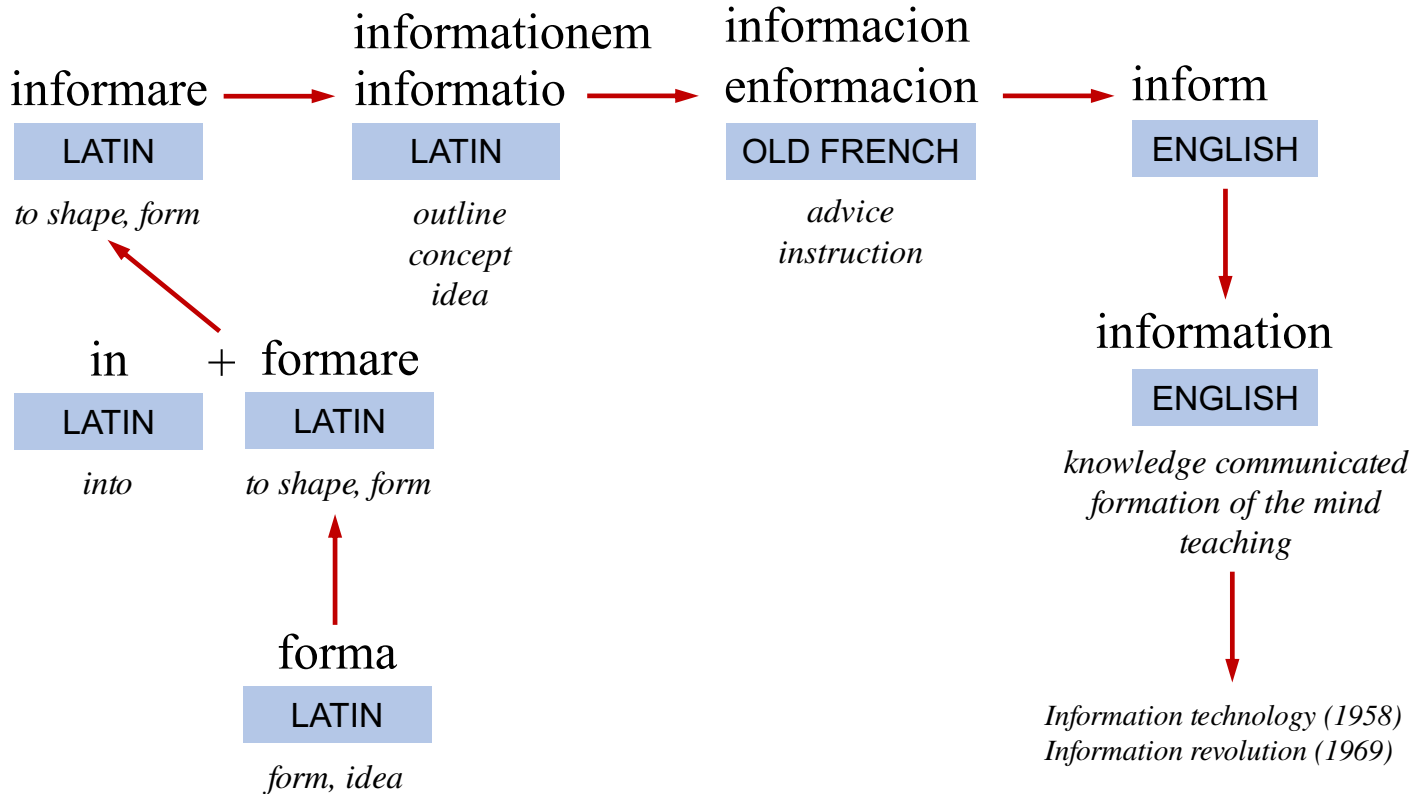
ماده ● ————— ● انرژی

شاکله‌ی محیط ماتریالیستی مدرن



اتیمولوژی

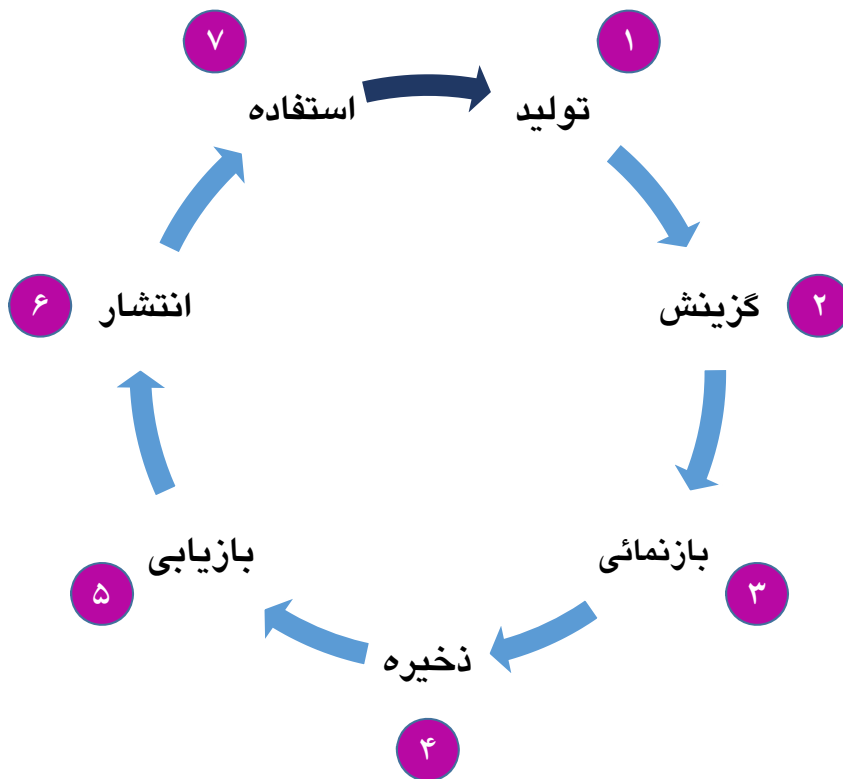
اینفورمیشن

INFORMATION

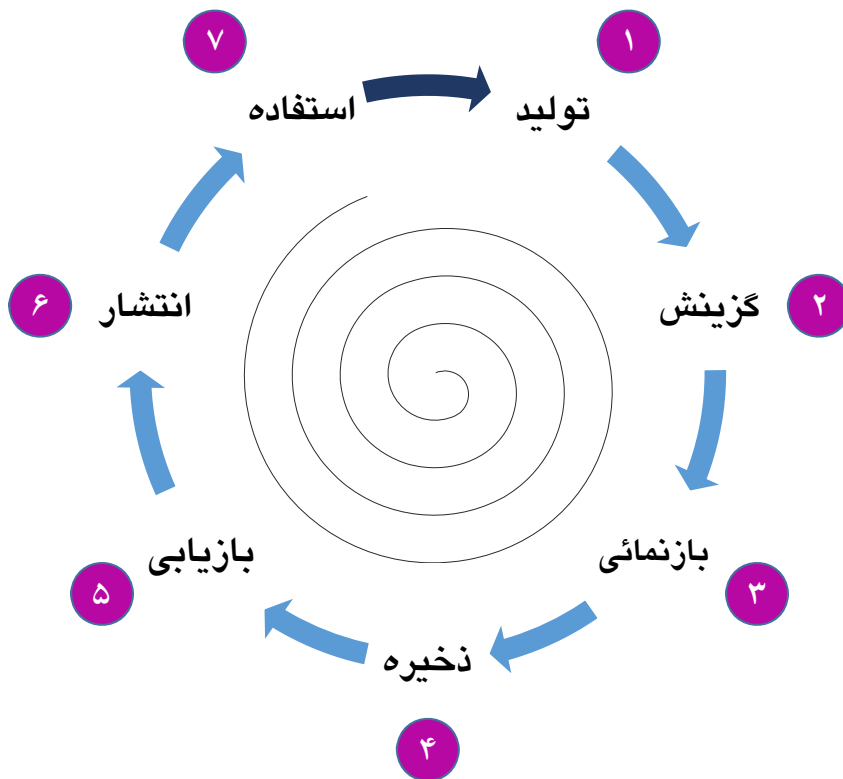
ویژگی‌های اطلاعات

- 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

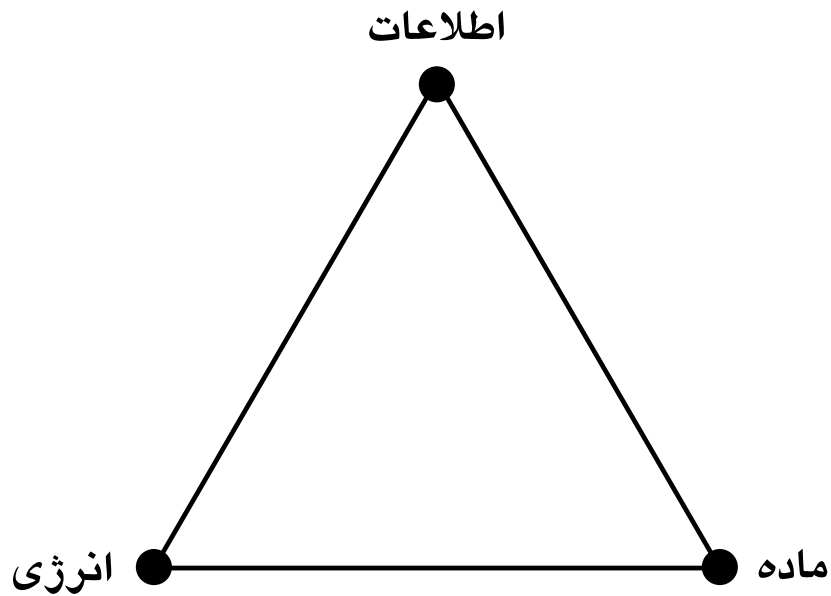


دکترین اطلاعات

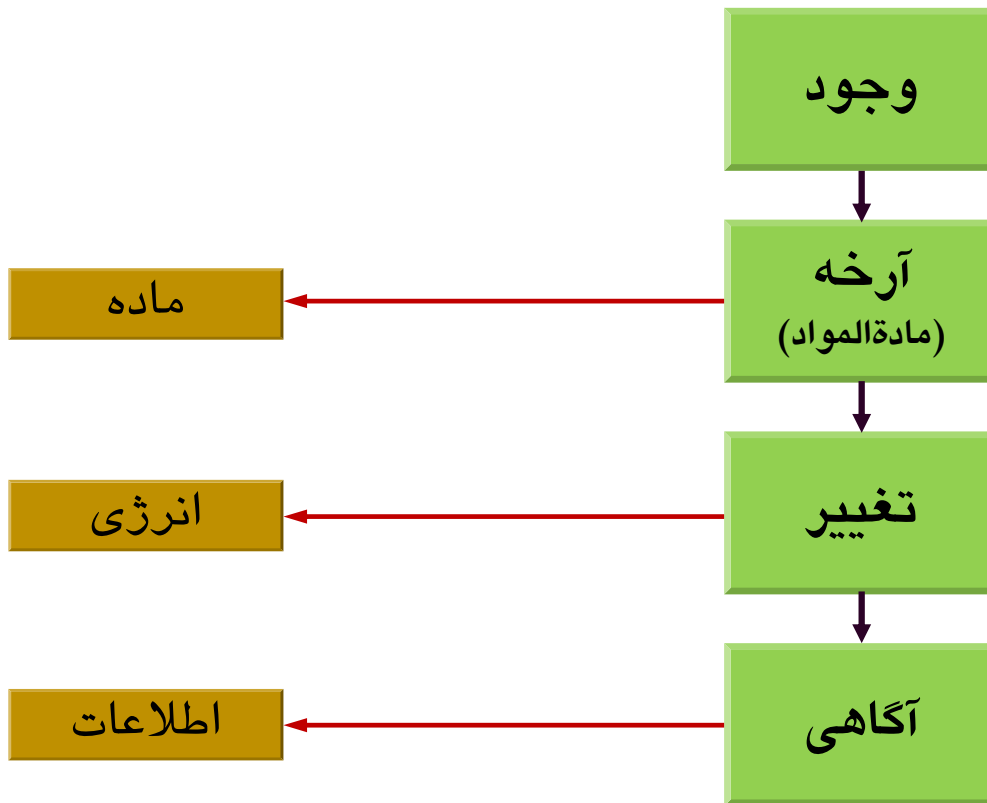
۲

فلسفه‌ی
اطلاعات

شاکله‌ی محیط ماتریالیستی مدرن



اطلاعات در سیر فلسفه

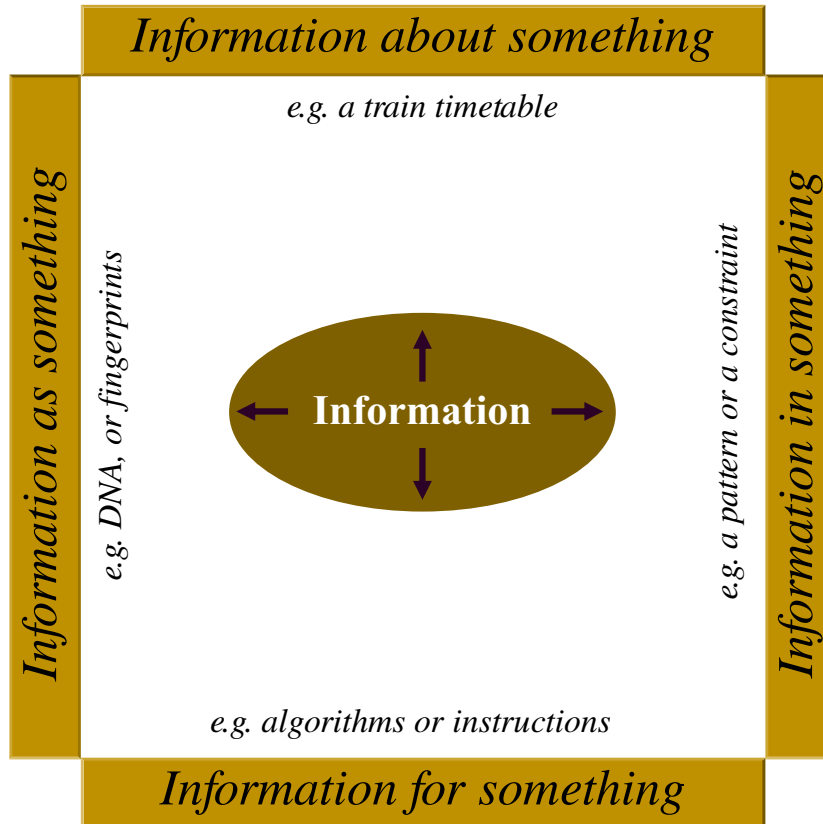


Professor Luciano Floridi

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



فلسفه‌ی اطلاعات فلوریدی



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

* *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) σ is an **instance of information**, understood as semantic content, if and only if:

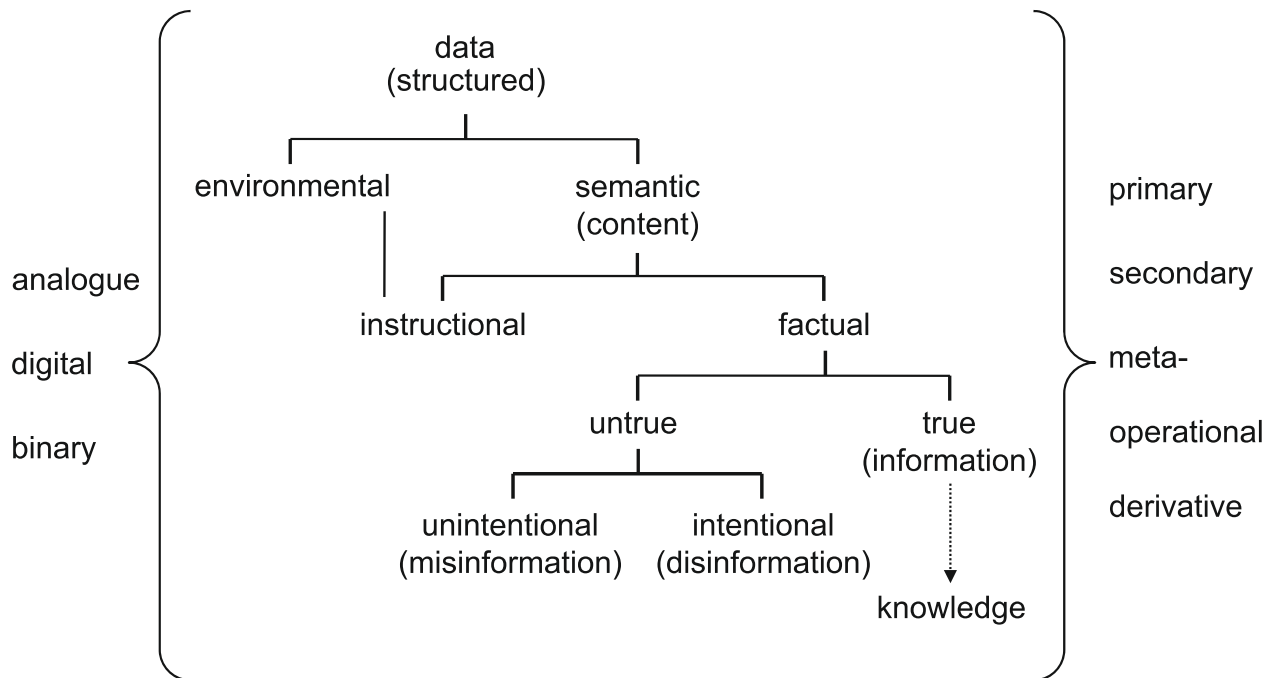
GDI.1) σ consists of n data, for $n \geq 1$;

GDI.2) the data are well formed;

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

فلسفه اطلاعات فلوریدی

نقشه‌ی مفاهیم اطلاعات در فلسفه‌ی اطلاعات فلوریدی



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.

دکترین اطلاعات

۳

تئوری
اطلاعات

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

تبادل ماده

بین اشیایی که بر هم اثر می‌گذارند.

تبادل انرژی

قالب‌ها

انتقال اطلاعات

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.

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 می گیرد.

انتقال سیگنال

انتقال سیگنال

برون خط (offline)

برقراری اتصال «فرا زمانی»

می توان سیگنال ها 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.

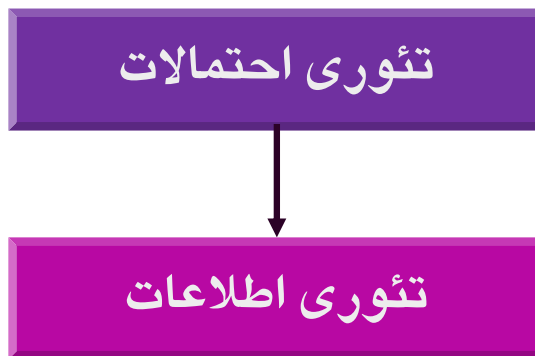
فرضیه‌ها

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

ویژگی	رابطه‌ی ریاضی
هرچه پیامی احتمال کمتر داشته باشد، اطلاعات موجود در آن بیشتر است.	میزان اطلاعات در پیام x تابعی صعودی از معکوس احتمال آن است
میزان اطلاعات یک پیام، وابسته به تعداد نمادهای آن است.	تعداد نمادهای یک پیام با تعداد حالت‌های ممکن یک پیام رابطه‌ی لگاریتمی دارد.

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.

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

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

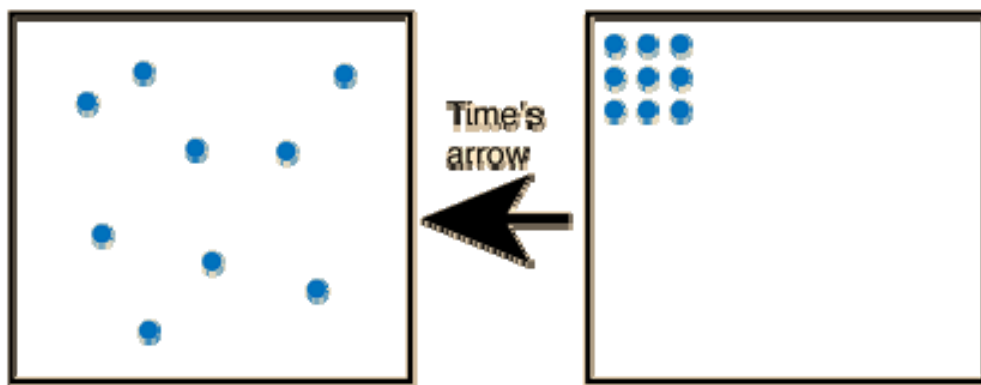
ویژگی هر سیستم بسته و ایزوله این است که
به سمت هرج و مرج و بی‌نظمی کامل پیش می‌رود.

نیکولاس لئونارد سعدی کارنو، فیزیکدان فرانسوی، ۱۸۲۹ م

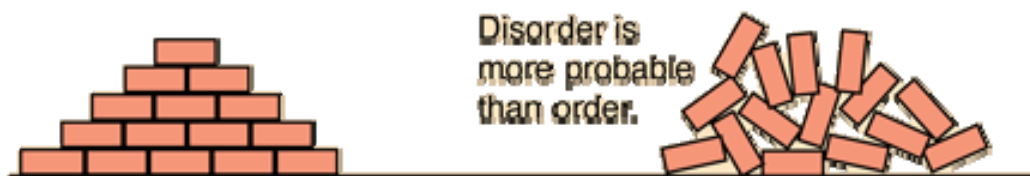
اصل دوم ترمودینامیک و آنتروپی

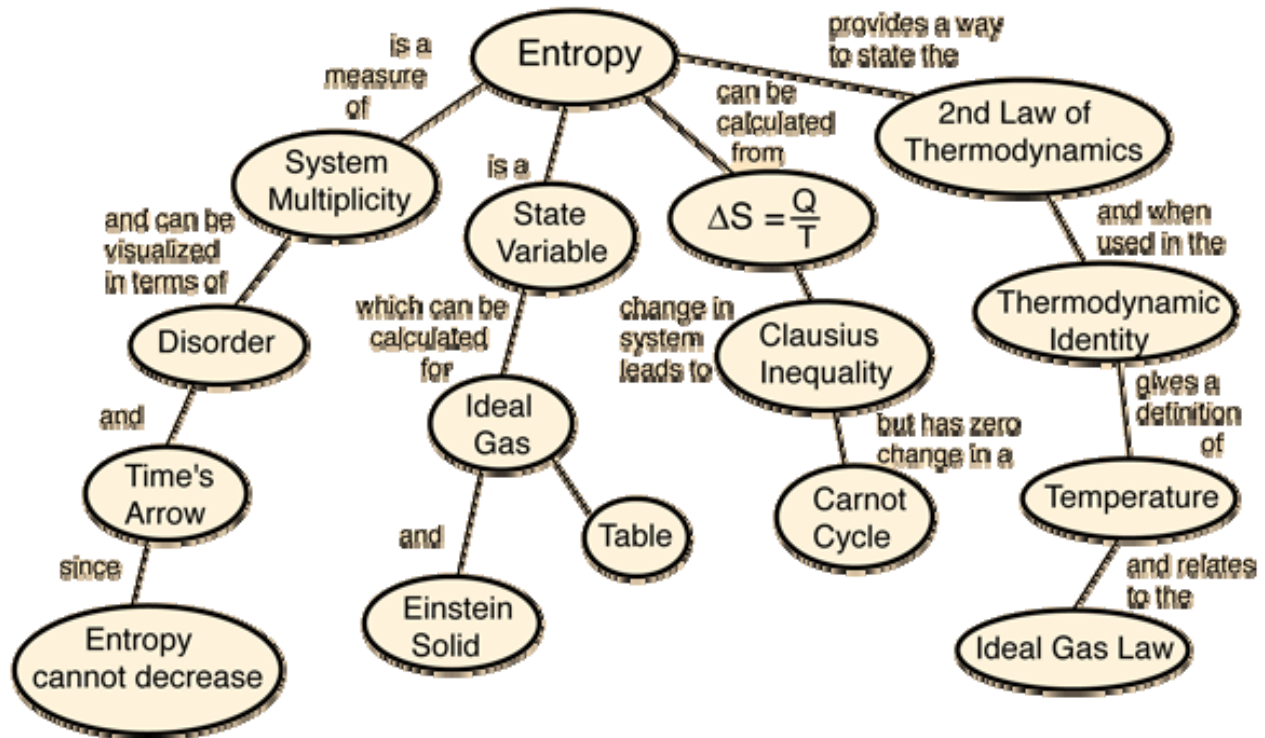
هر سیستم بسته همواره افزایش آنتروپی خواهد داشت:
(در هر سیستم بسته، هرگز آنتروپی کاهش نمی‌یابد)

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

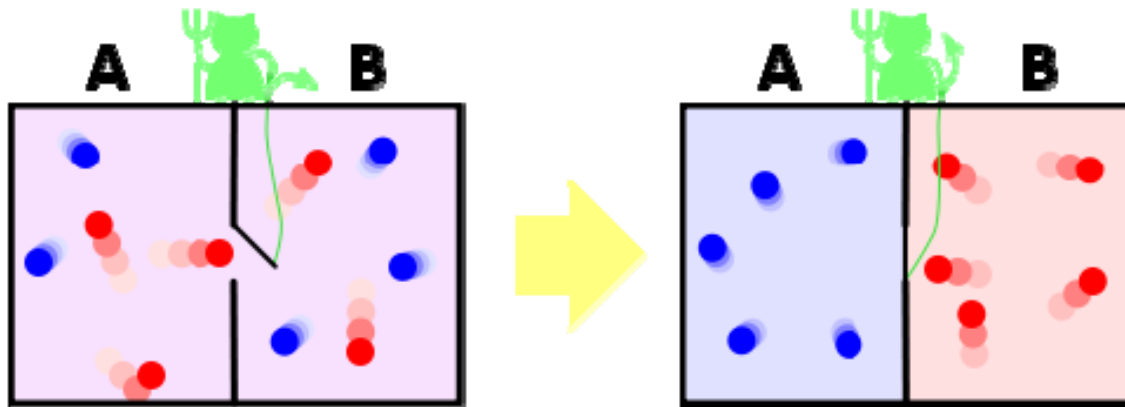
آنچه در تئوری اطلاعات نادیده گرفته می شود

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

مصادق‌های آنالوژی

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

شیطان ماکسول

MAXWELL'S DEMON

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 می کند.