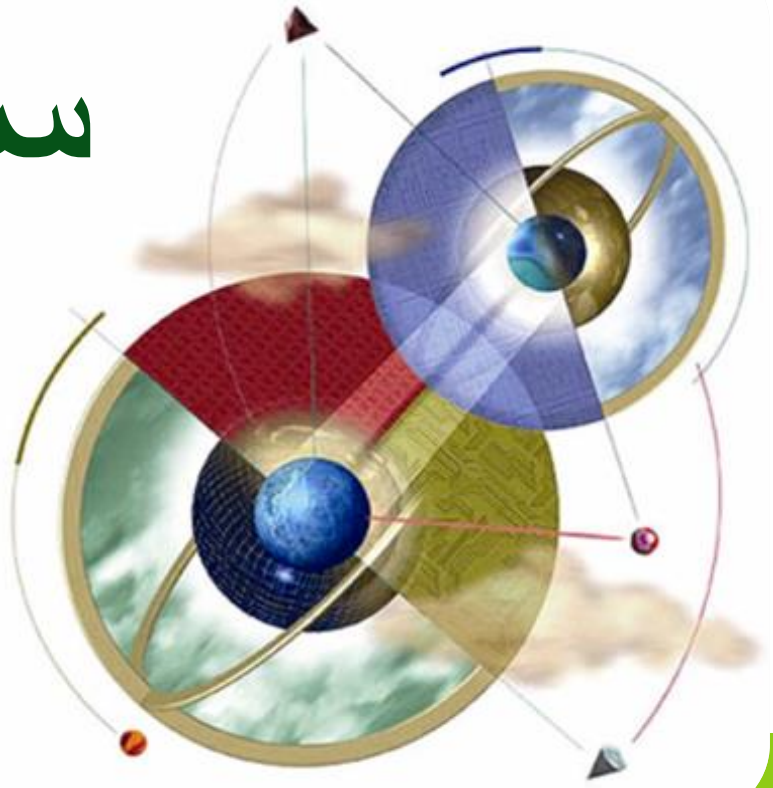
بسم الله الرحمن الرحیم

به نام پروردگار

سیستمهای خبره

EXPERT SYSTEM



M.Rastgarpour
Ph.D in AI

فصل سوم

ارائه دانش

فهرست مطالب

- تعریف دانش
- انواع دانش
  - شی-صفت-مقدار
  - قوانین
  - شبکه های معنایی
  - قابها
    - ساختار سلسله مراتبی
    - بُعد
  - منطق
- استدلال و استنتاج

دانش چیست؟

- اطلاعات پردازش شده
- مفهومی انتزاعی که درک فردی را پیرامون موضوعی ضبط کند .
- فهم و درکی از یک بستر موضوعی مشخص مانند بستر پزشکی، هواشناسی و ...

در حین ساخت سیستم خبره تمام دانش فرد خبره را ضبط نمی کنیم، بلکه تنها بخش مرتبط با موضوع را در نظر میگیریم .بطور مثال بیماریهای عفونت خون.

ارائه دانش: روشی برای کد کردن دانش که در پایگاه دانش سیستم خبره بکار می رود.

نمایش دانش

- قبل از استنتاج روی داده ها و اطلاعات ، باید بتوانیم به نحوی آنها را در کامپیوتر نمایش دهیم یا ذخیره کنیم.

- راههای مختلفی برای نمایش اطلاعات در کامپیوتر وجود دارد.
- مثال :

tall(Ali) -> Ali is tall
bigger(Ali, Reza) -> Ali is bigger than Reza
Ali = brotherOf(Reza) -> Ali is brother of Reza
tall(Ali) AND (NOT fat(Reza)) Ali is tall and Reza is not fat ->
If Ali is a human then he can speak
human(Ali) => canSpeak(Ali) ->
All humans are Male or Female
for all x : human(x) => Male(x) OR Female(x) ->

انواع دانش

دانش رویه ای (Procedural) :

روش صریح حل مساله با استفاده از قوانین ، استراتژیها و رویه ها، مثال: تعمیر یک ساعت

دانش اعلانی(Declarative):

دانسته ها را با جملات خبری از قبیل جملات کوتاه تا جملات طولانی با توضیحات مفصل بیان میکند.

مثال: انگشتان خود را در آب جوش فرو نبرید .

فرا دانش (Meta-Knowledge):

دانشی در باره دانش و تجربه، اگر یک سیستم خبره دانشی درباره چندین حوزه مختلف در خود داشته باشد. متادانش مشخص می کند که از کدام پایگاه دانش باید استفاده شود .

دانش اکتشافی (Heuristic):

دانشی که به عنوان قوانین سرانگشتی در روند reasoning کمک کننده هستند

هرم دانش

- معرفت : استفاده از دانش به روش سودمند
- متا دانش : قاعده هایی درباره ی دانش
- علم : قواعد استفاده از اطلاعات
- اطلاعات : برای دانش بالقوه مفید هستند
- داده : اطلاعات مفید بالقوه
- نویز : اطلاعات پنهان

گونه های مختلف دانش

یکی از وظایف مهندس دانش انتخاب بهترین روش برای ارائه دانش با توجه به صورت مساله است .لذا باید روشهای مختلف ارائه دانش را بطور کامل بشناسیم و بدانیم هرکدام، چه دسته ای از دانش را بهتر می تواند ارائه دهد .

روشهای ارائه دانش:

۱ – سه گانه شی – صفت - مقدار (O-A-V)

۲ – قوانین (Rules)

۳ – شبکه های معنایی(Semantic Network)

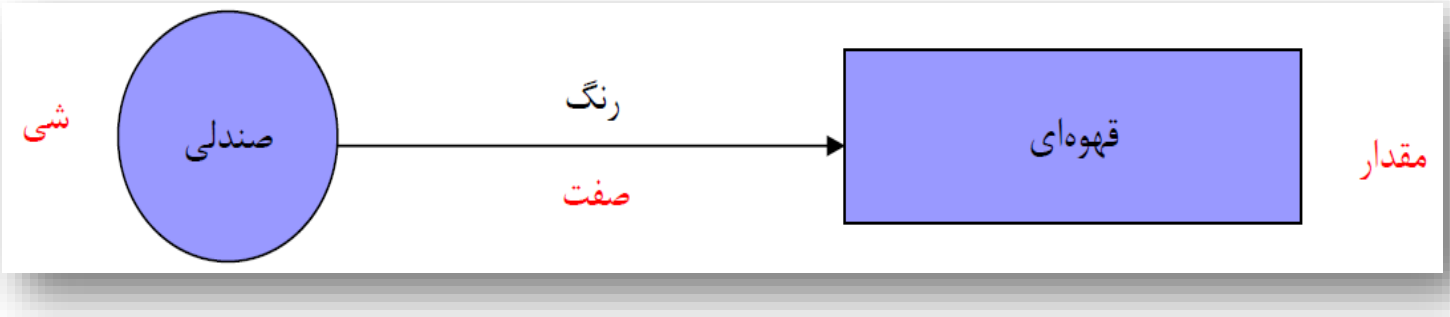
۴ – قابها (Frames)

۵ – منطق (Logic)

سه گانه شی-صفت -مقدار (Object – Attribute - Value)

در بیان یک واقعیت، می توان از رابطه یک شی با یک صفت و یک مقدار بهره گرفت که با کمک اشکال و خطوط نشان داده میشود .

مثلا رنگ صندلی قهوه ای است را می توان به صورت زیر نشان داد:



سه گانه شی-صفت -مقدار (Object – Attribute - Value)

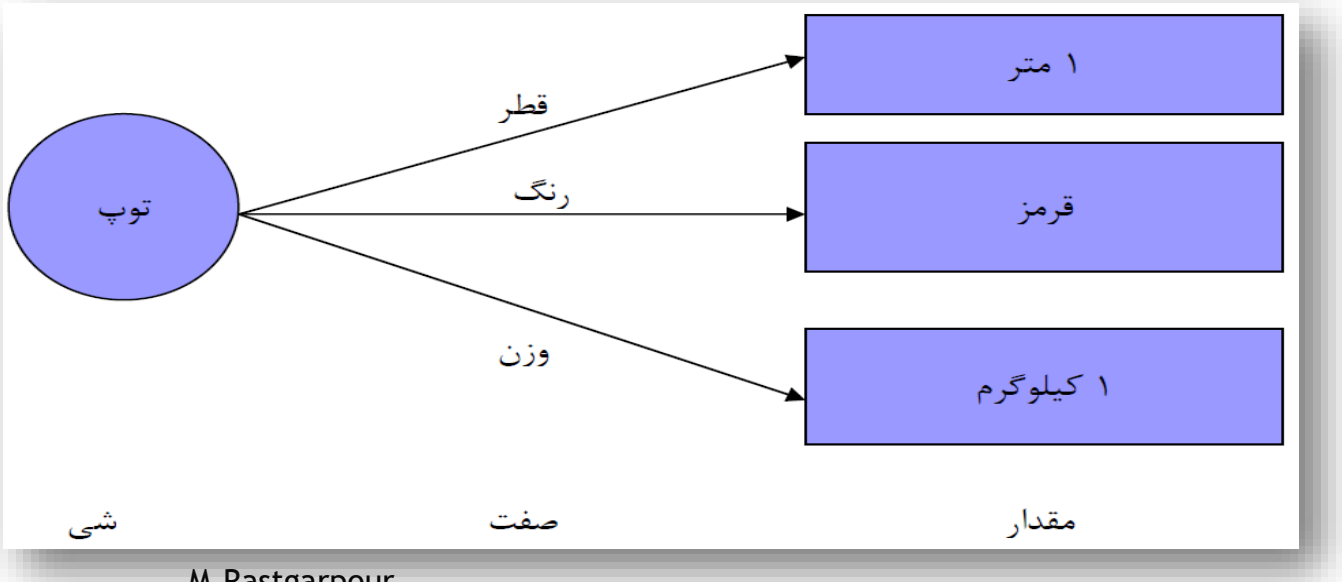
شی	ویژگی	ارزش
سیب	رنگ	قرمز
سیب	نوع	مکینتاش
سیب	مقدار	۱۰۰
انگور	رنگ	قرمز
انگور	نوع	بی دانه
انگور	مقدار	۵۰۰

سه گانه شی-صفت -مقدار (Object – Attribute - Value)

حقایق تک مقداری یا چند مقداری :

برخی صفات دارای یک مقدار و بقیه میتوانند چند مقداری باشند.

در طی فرآیند طراحی یک سیستم خبره باید تعیین شود که رابطه O-A-V قرار است تک مقداری باشد یا چند مقداری.



سه گانه شی-صفت -مقدار (Object – Attribute - Value)

مثالی دیگر

حال سطح تحصیلات یک نفر را در نظر بگیرید:

شی : شخص و صفت :سطح تحصیلات

اما یک نفر میتواند چندین مدرک داشته باشد .دبیرستان، دانشگاه و حتی در رشته های مختلف لذا رابطه O-A-V چند مقدرای خواهد بود.

سوال :لطفًا سطح تحصیلات خود را وارد کنید:

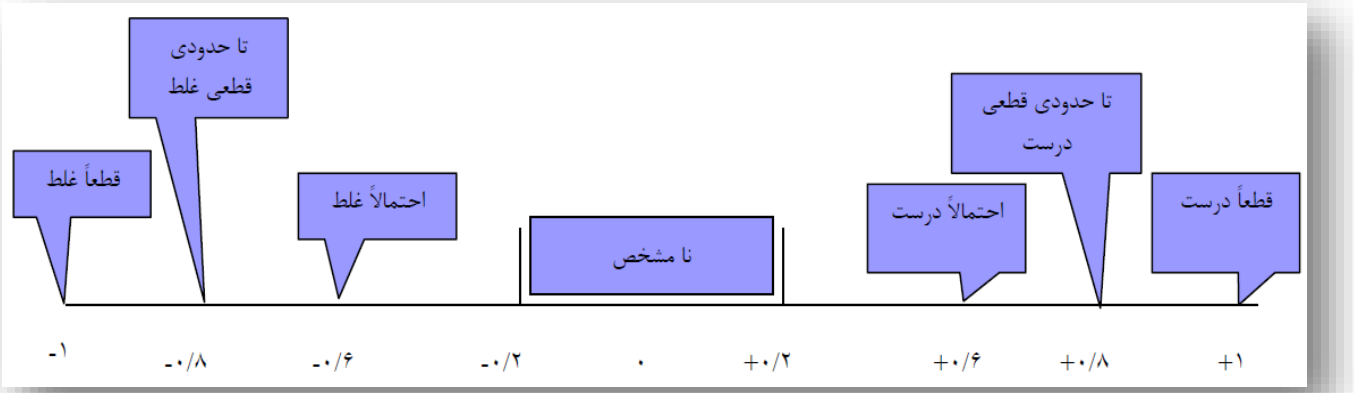
- **دیپلم**
- **پیش دانشگاهی**
- **لیسانس**
- **پاسخ :پیش دانشگاهی و دیپلم**

ضریب قطعیت

روش متداول برای مدیریت اطلاعات نادقیق : بکارگیری «ضریب قطعیت» (Certainity Factor).

«میزان درستی آن جمله » : CFیا مقدار عددی که به جمله داده میشود و بیانگر میزان اعتقاد به آن جمله است .

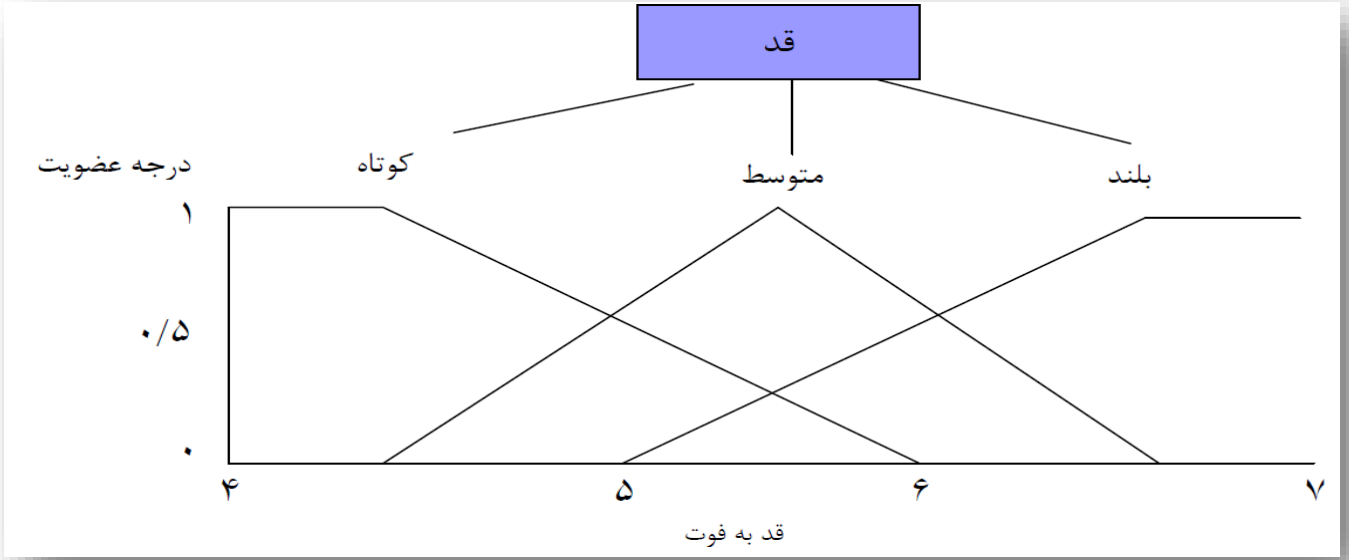
جدول زیر ضریب قطعیت را برای نگاشت توضیح کیفی جملات به مقدار عددی CF نشان می دهد:



حقایق فازی (Fuzzy Fact)

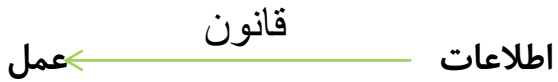
هنگامی عدم قطعیت در دنیای سیستم های خبره وارد می شود، که در ارائه جملات زبان روزمره، بیان نامشخص دیده می شود .

مثال: «فرد قد بلند است » جمله ابهام دارد زیرا از کلمه بلند استفاده شده است .



قوانین (Rules)

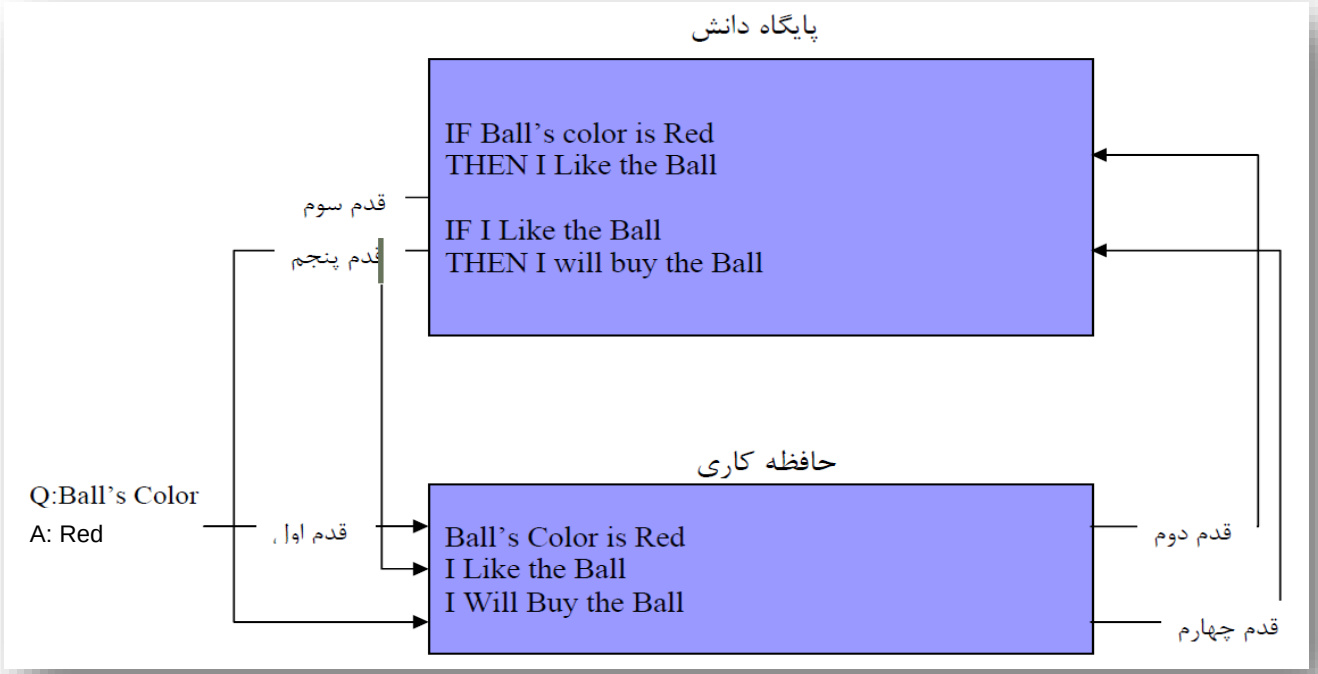
- قانون، یک ساختار دانش است که برخی اطلاعات شناخته شده را به اطلاعات دیگری مرتبط می سازد که می تواند نتیجه گیری شده یا استدلال شده باشند.
- یک قانون بین اطلاعات داده شده و عمل یک ارتباط ایجاد میکند.



- این عمل می تواند اطلاعات جدیدی را ارائه دهد یا بخشی از یک رویه باشد .لذا قانون چگونگی حل مساله را بیان میکند .
- ساختار منطقی قانون یک یا چند مقدم را که در قسمت اگر ظاهر شده اند به یک یا چند تالی که در قسمت آنگاه آمده اند مرتبط می سازد.
- قانون میتواند مقدمهای زیادی داشته باشد که با AND یا ORیا ترکیبی از هر دو بهم متصل شده اند .در قسمت نتیجه میتوان یک جمله منطقی داشت یا ترکیبی منطقی از AND . یک قانون می تواند جمله ELSEنیز داشته باشد که زمانی استنتاج خواهد شد که مقدمها نادرست باشند.

قوانین (RULES)

در یک سیستم خبره مبتنی بر قانون، دانش یک دامنه کاربردی در مجموعه هایی از قوانین ضبط می شود و وارد پایگاه دانش سیستم خواهد شد .سیستم از این قوانین به همراه اطلاعات درون حافظه کاری بهره خواهد گرفت تا مساله را حل کند .زمانیکه قسمت اگر قانون با اطلاعات درون حافظه کاری منطبق باشد ، سیستم عملی را که در قسمت آنگاه آمده است انجام خواهد داد.



انواع قوانین

- **رابطه ای**

IF باطری خراب است
Then اتومبیل روشن نخواهد شد

- **توصیه**

IF اتومبیل روشن نشود
Then یک تاکسی بگیر

- **جهت دهی**

IF اتومبیل روشن نشود
AND سیستم سوخت رسانی مشکل نداشته باشد
Then سیستم برق ماشین را چک کن

- **استراتژی**

IF اتومبیل روشن نشود
Then اول سیستم سوخت رسانی را بررسی کن سپس سیستم برق ماشین را بررسی کن

- **ابتکاری**

IF اتومبیل روشن نشود
AND نوع ماشین پیکان ۱۳۴۷ باشد
Then شناور باک را چک کن

انواع قوانین

- **قوانین متغیر:**

در برخی کاربردها، ممکن است یک عمل به روی مجموعه ای از اشیاء مشابه، اعمال شود.زیرا اگر یک قانون برای هر شی نوشته شود، این روش کارا نبوده و نگهداشت آن مشکل خواهد بود . مثال قانون فازغ التحصیلی برای دانشجویان

- **قوانین نادقیق:**

همانند حقایق نادقیق، قوانین نادقیق نیز میتوانند مورد استفاده قرار گیرند .یک فرد خبره ممکن است قانونی بیان کند که رابطه نادقیقی بین مقدم و تالی آن برقرار باشد.

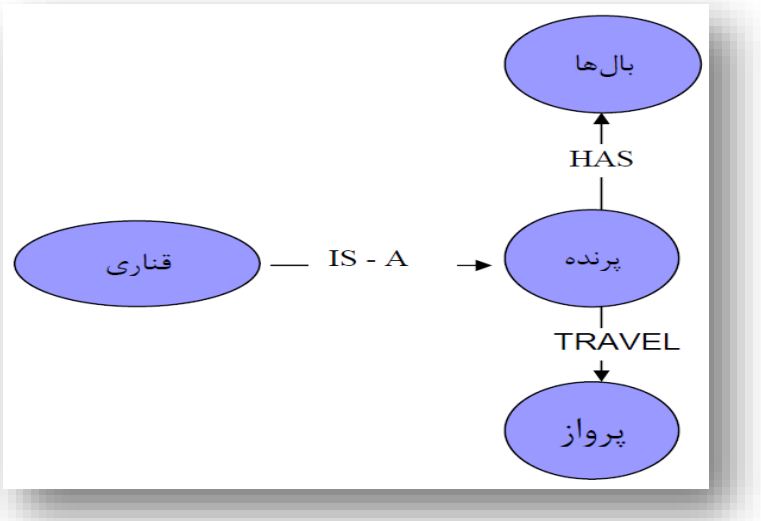
- **فرا قانون (Meta Rule)**

برخی افراد خبره دانشی دارند که حل مساله را جهتدهی می کند .این نوع دانش تعیین می کند که حل مساله چگونه بهتر انجام شود .فرا دانش، دانش پیرامون بکارگیری و کنترل دانش محیط کاربرد است

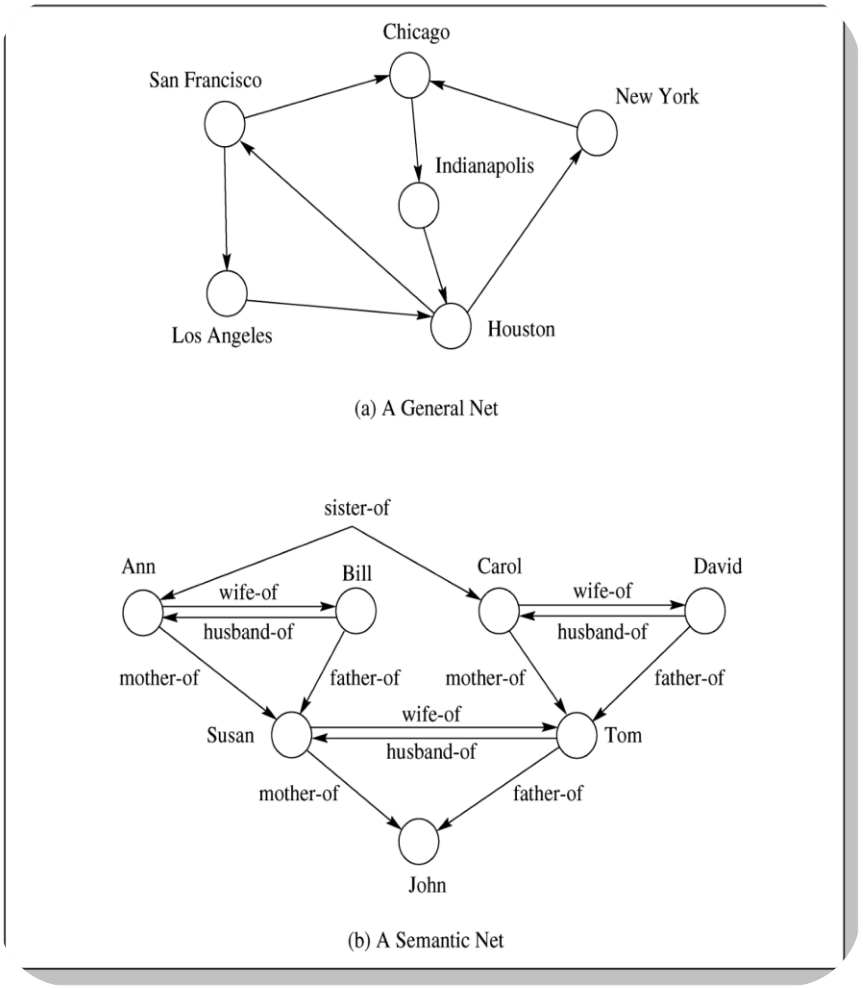
شبکه های معنایی (Semantic Network)

- یکی از دست یافته های جدید علم هوش مصنوعی
- روش ارائه دانش، به صورت گراف و شامل نودها و کمان است. نودها بیانگر اشیاء و کمانها بیانگر ارتباطات بین اشیاء هستند.
- شبکه معنایی، دید گرافیکی از اشیاء مهم، خصوصیات و ارتباطاتشان است.
- نودها و کمانها دارای اسمی هستند که کاملا شی را معرفی می کند یا رابطه بین آنها را بیان می کند.

مثال:

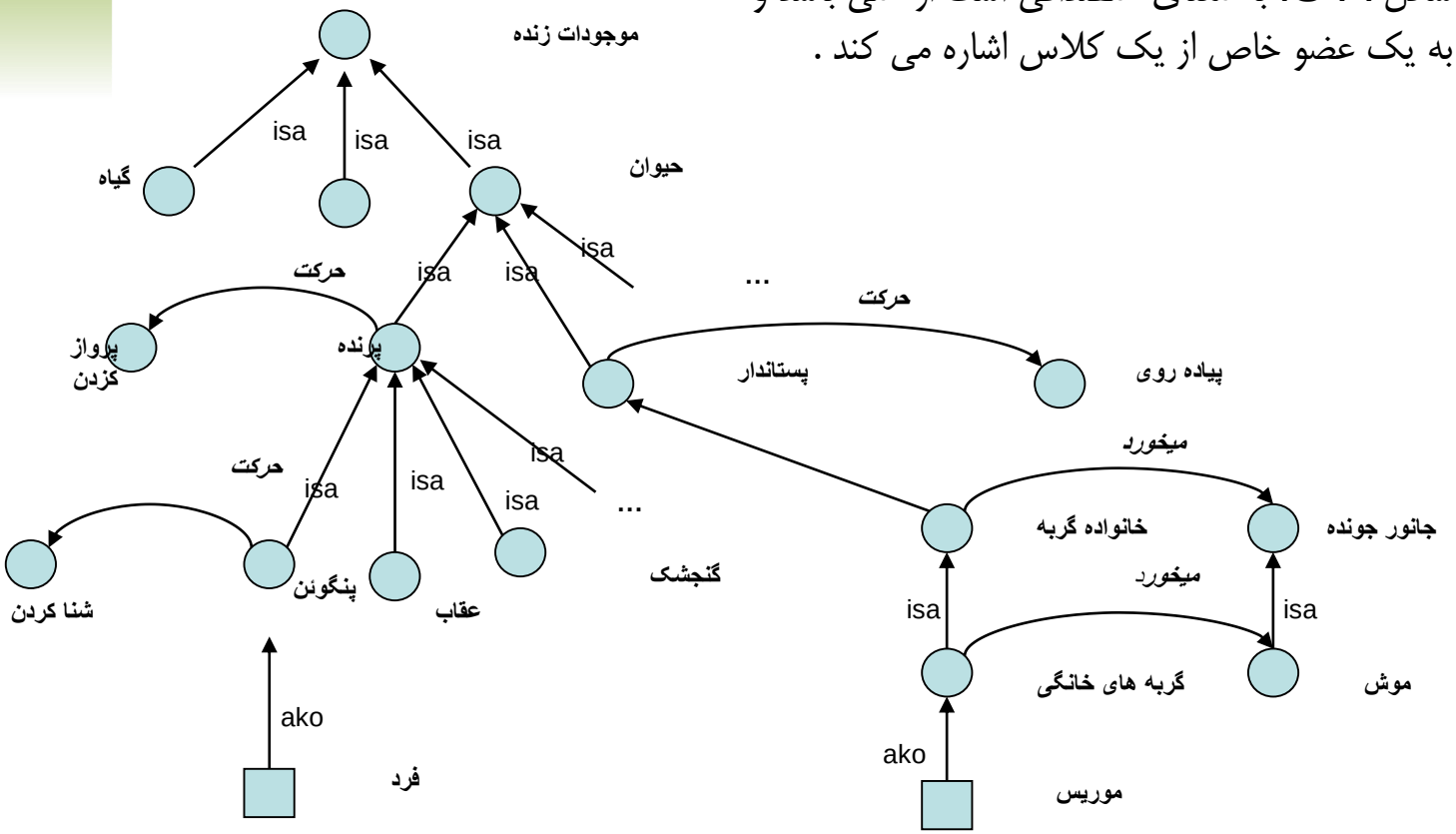


دو نوع شبکه


Chicago
San Francisco
New York
Indianapolis
Los Angeles
Houston
(a) A General Net
sister-of
Ann
Bill
Carol
David
wife-of
husband-of
wife-of
husband-of
mother-of
father-of
mother-of
father-of
wife-of
Susan
Tom
husband-of
mother-of
father-of
John
(b) A Semantic Net

مثال شبکه معنایی

مثالی از یک شبکه معانی را با استفاده از این ارتباطات نشان می دهد . در این شکل IS-A به معنای "مصداقی است از" می باشد و AKO به یک عضو خاص از یک کلاس اشاره می کند .



قابها (FRAMES)

- توسعه ای طبیعی روی شبکه های معنایی
- شما واحدی شامل دانش نمونه در مورد مفاهیم اشیاء و در برگیرنده دانش است.
- مثال: شمای یک پرنده ، شامل دانشی است که نشان دهد پرنده هم پا دارد هم بال و اینکه چگونه غذا تهیه می کند. به این شما، قاب گفته می شود.

یک فریم، ساختمان داده ای است برای ارائه دانش کلیشه ای از برخی مفاهیم یا اشیا

قابها (FRAMES)

طراحی قاب اصلی

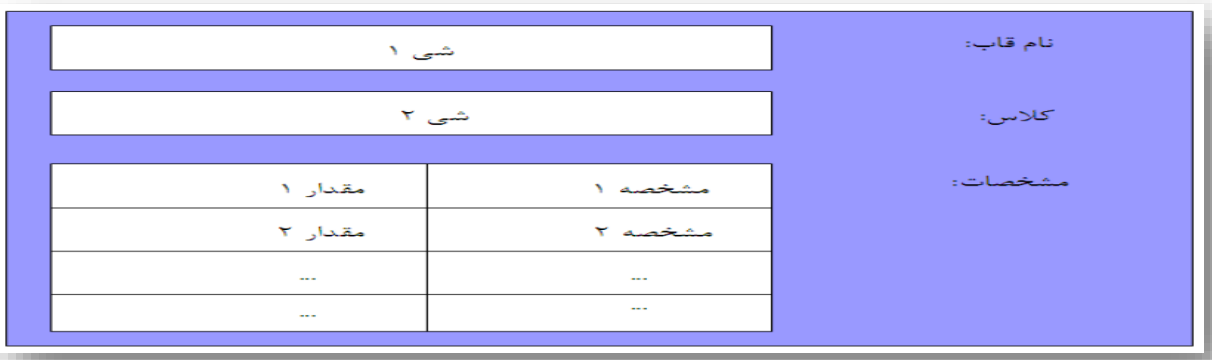
- یک قاب در ظاهر مانند خیلی از فرم هاست،

- در هر فرم یکسری فیلد خالی وجود دارد که نام دارند و مقدار درون آنها باید پر شود .مانند فیلد نام دانشجو .

- ساختار اصلی یک قاب به شکل زیر است :

مشخصات شامل نام و محلی برای وارد کردن مقدار آن مقادیر مشخصات معمولا از سه گونه داده : دودویی (Boolean) رشته ای (String) یا عددی

- خصوصیات در فریم همانند رابطه O-A-V عمل می کنند.



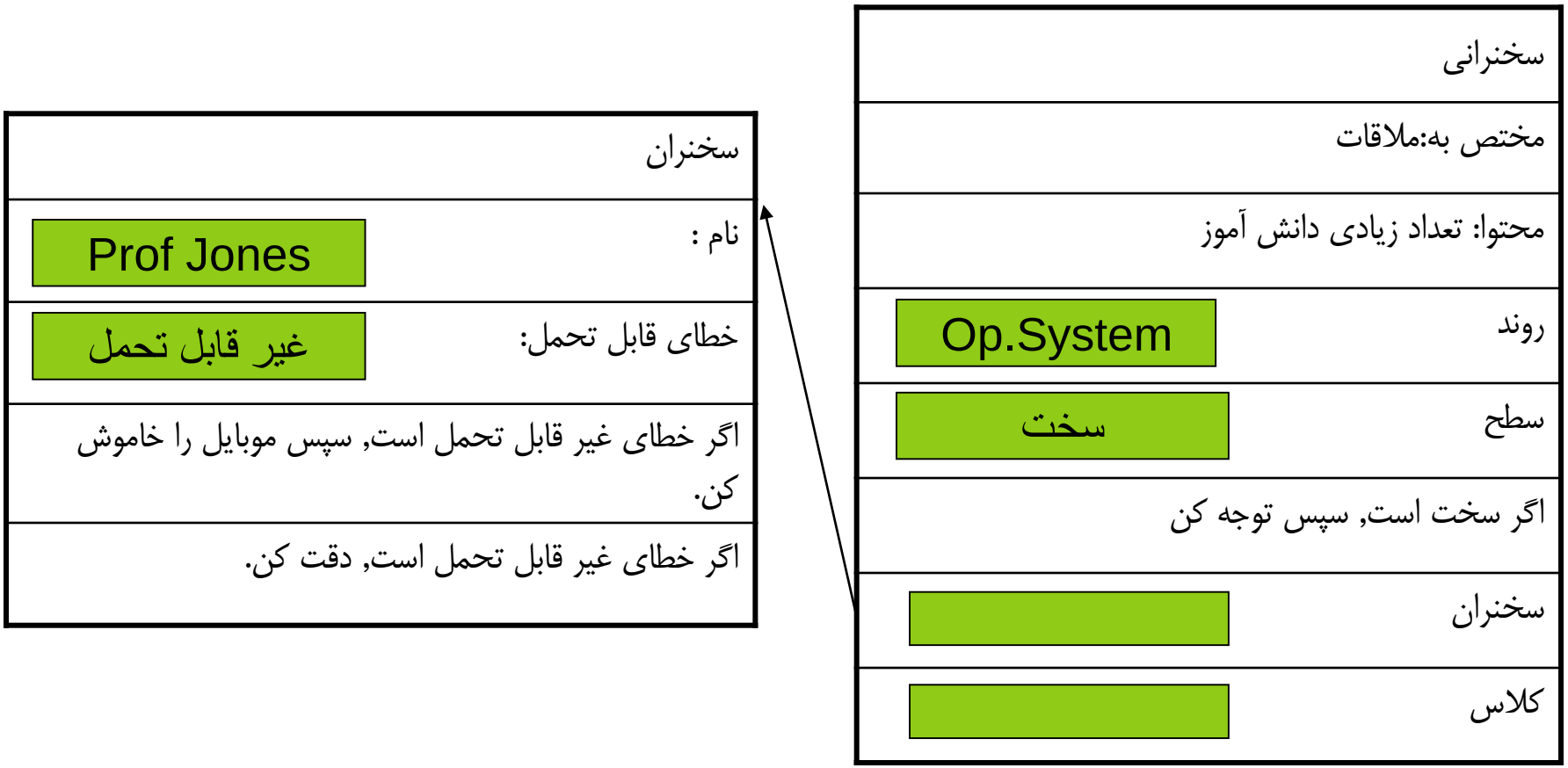
قابها (Frames)

مثال ۱: فریم اتومبیل

شکاف	پرکننده
سازنده	جنرال موتور
مدل	شورلت
سال	1979
دنده	اتوماتیک
سوخت	بنزین
تایر	4
رنگ	آبی

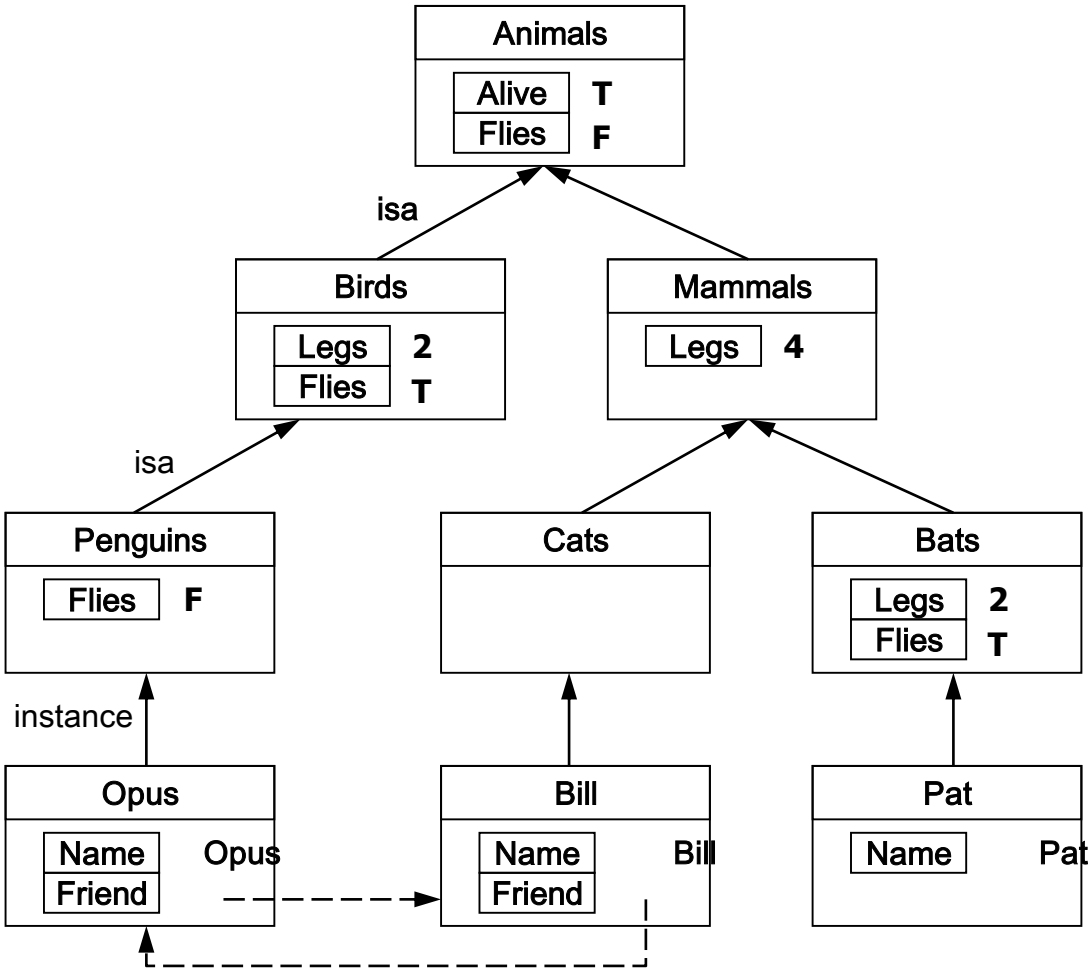
قابها (Frames)

مثال ۲: فریم سخنرانی



قابها (FRAMES)

مثال۳ : فریم موجودات زنده



قابها (Frames)

مثال ٤: فریم دارایی

شکافها		پرکننده‌ها	
نام	name	دارایی	property
مشخصه	specialization_ of	یک ـنوع ـ دارایی	a_kind_of object
انواع	types	(اتومبیل، قایق، خانه) اگر اضافه شده:رویه افزودن ـ دارایی را اجرا کن	car, borat, house If-added: Procedure ADD_PROPERTY
مالک	owner	به طور پیش فرض: دولت اگر نیاز باشد: رویه پیدا کردن ـ مالک را اجرا کن	defult: govemment If-needed: Procedure FIND-OWNER
مکان	location	(در خانه، در محل کار، در حال حرکت)	(home, work, mobile)
وضعیت	status	(مفقودی، بد، خوب)	(missing, poor, good)
تحت_ ضمانت	under-warranty	(بله، خیر)	(yes, no)

قابها (Frames)

قاب کلاسی(Class Frames)

- بیانگر خصوصیات کلی مجموعه هایی از اشیاء است .
- برای مقدار هر مشخصه می توان مقدار پیش فرض Default در نظر گرفت.

مشخصات در قاب ها به دو دسته تقسیم می شوند:

مشخصات ثابت :مشخصه ای از شی که مقدارش تغییر نمی کند.

مشخصات متغیر :مشخصه ای از شی که در طول عملیات سیستم امکان تغییر آن وجود دارد.

قابها (Frames)

قاب نمونه(Instance Frames)

- همانند نمونه گیری از کلاس (instance) و ایجاد Object، نمونه یک قاب کلاسی ، هر دوی مشخصات و مقادیر مشخصات را از کلاس به ارث می برد .
- می توان مقادیرش را بسته به آن نمونه خاص تغییر داد.
- حتی می توان در صورت لزوم به آن نمونه مشخصاتی جدید با مقادیرشان اضافه کرد.

نام قاب:	جیبر قرمز	
کلاس:	پرنده	
مشخصات:	رنگ	قرمز
	غذا	کرم
	تعداد بال	۲ عدد
	قدرت پرواز	ندارد
	گرسنگی	نا مشخص
	فعالیت	نا مشخص
	محل زندگی	قفس

نام قاب:	شی ۱	
کلاس:	شی ۲	
مشخصات:	مشخصه ۱	مقدار ۱
	مشخصه ۲	مقدار ۲
	...	...
	...	...

قابها (FRAMES)

وراثت در قاب ها

- همانطور که نودها در شبکه های معنایی از نود دیگر اطلاعات به ارث می برند، قاب نمونه از قاب کلاسی نیز اطلاعات به ارث می برد.

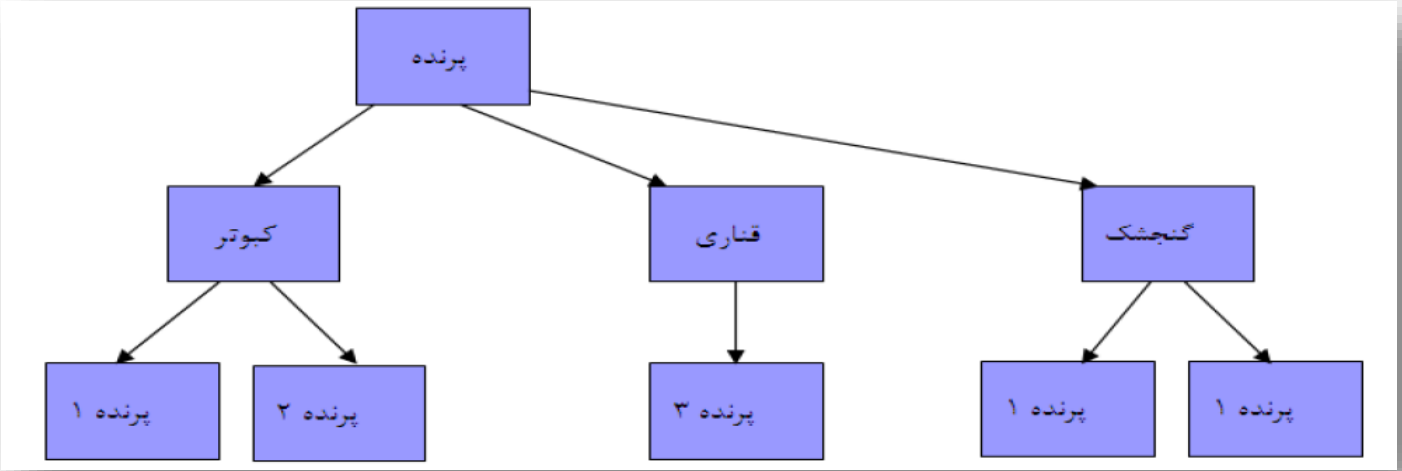
- همین طور میتوان در قاب کلاسی رویه هایی نیز قرار داد که در هنگام نمونه گیری به قاب نمونه به ارث برسد.

قابها (FRAMES)

ساختار سلسله مراتبی

- علاوه بر ساخت یک کلاس تکی و نمونه های مرتبط با آن، میتوان ساختار سلسله مراتبی برای قا بها ی پیچیده ایجاد کرد .

- این ساختار سلسله مراتبی مفهوم یک پرنده را در سطوح مختلف انتزاعی دسته بندی می کند
  - قاب سطح بالا شامل اطلاعات مشترک بین همه پرندگان
  - قاب های سطح متوسط (زیر کلاسها) شامل اطلاعات خاص تری برای هر گروه خاص



قابها (Frames)

بُعد(Facet)

- به سیستم های بر اساس قاب، قدرت کنترل روی مقادیر خصوصیات را می دهند
- یک روش برای بکارگیری بعد، تعریف قید روی یک مقدار خصوصیت است:
  - IF-Changed Facet
  - IF-Needed Facet

قابها (FRAMES)

بُعد(FACET)

IF-NEEDED FACET

گاهی برای مقداردهی یک مشخصه، بایستی رویه یا متدی اجرا شود .این رویه شامل محاسبات یا دسترسی به پایگاه داده خارجی است .یا حتی ممکن است وابسته به مقادیر دیگر خصوصیات باشد که بطور پویا درحال تغییر هستند .این رویه را با زبان برنامه نویسی رویه ای نوشته و به IF-Needed Facet یک خصوصیت می چسبانیم بطور مثال :

IF Bird:No_Wings <2

THEN Bird:Flies= False

IF Bird:No_Wings = 2

THEN Bird:Flies= True

قابها (FRAMES)

بُعد(FACET)

IF-CHANGED FACET

می توان فیستی ایجاد کرد و به یک خصوصیت مرتبط کرد تا در صورت تغییر مقدار آن، رویه ای اجرا شود .از این روش زمانی بهره می گیریم که تغییر در مقدار باعث ایجاد تغییر در فریمی دیگر شود یا حتی مقدار یک فیلدی دیگر در خود همان فریم باید مجدد محاسبه گردد .

مثال فرض کنید رویه ای داشته باشیم که اگر پرنده گرسنه شد فعالیت پرنده را به خوردن تغییر دهد :

IF Bird:Hungry = True

THEN Bird:Activity= Eating

منطق (LOGIC)

به معنی:

- کلام و گفتار (در لغت)
- قانون صحیح فکر کردن (در تعاریف رایج فلاسفه و منطقدانان)

علم منطق میخواهد ما را از هر گونه خطا در تفکر، دور نگاه دارد، به همین علت در پی آن است تا راه و روش صحیح فکر کردن، صحیح استدلال کردن و نتیجه گیری درست را به ما بیاموزد.

منطق (LOGIC)

ارسطو، فیلسوف مشهور یونانی، اولین متفکری است که روش درست استدلال کردن را استخراج و تدوین نموده است.

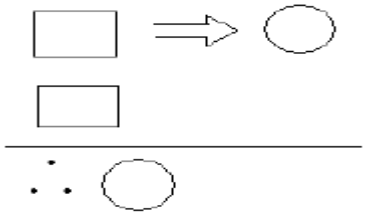
در یک سیستم خبره، نیازمند ابزاری هستیم تا به وسیله آن بتوانیم از حقایق و دانش ارائه شده، نتایج درستی را استخراج نماییم و منطق، این ابزار دقیق، رسا و فاقد ابهام را برای ما فراهم کرده است.

منطق (LOGIC)

منطق گزاره ای (منطق مرتبه صفر یا شرطیه)

منطق گزاره ای یک سیستم برای نمایش دانش:

- در قالب جملات خبری به صورت مجموعه ای از گزاره ها(Proposition)
- نمایش این قضایا با حروف الفبایی و نمادهای ریاضی
- با استفاده از ارتباط دهنده های منطقی جهت ارتباط و اتصال جملات به یکدیگر
- دارای سه جز اصلی :
  - صورت
  - درستی
  - اعتبار



$$\begin{array}{l} M \rightarrow L \\ M \\ \hline \therefore L \end{array}$$

منطق (LOGIC)

ساختار منطق گزاره ای

از ترکیب جملات خبری یا قضایایی که درست یا غلط هستند به وجود میاید

مثالهای زیر قضایای جزئی خبری اند:

۱ – یک سگ، چهار پا دارد.

۲ – فردا یکشنبه است.

۳ – ماشین چهار چرخ دارد.

منطق (LOGIC)

عملگرهای گزاره ای

p	¬ p
F یا 0	T یا 1
T یا 1	F یا 0

p	q	p ∧ q	p ∨ q
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

p	q	p → q
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

- نفی
- عطف و فصل
- تضمن
- تساوی

$p \leftrightarrow q$

$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$

منطق (LOGIC)

تعدادی از ارتباطات منطقی

علامت ربط	معنا	لاتین
$\wedge$	و: اتصال	AND; **Conjunction**
$\vee$	یا: انفصال	OR; **Disjunction**
$\sim$	نه: نفی	NOT; **Negation**
$\rightarrow$	اگر ... آنگاه: شرطی	if ... then; **Conditional**
$\leftrightarrow$	اگر و فقط اگر: دو شرطی	if and only if; **Biconditional**

منطق (LOGIC)

ارزش درستی قضایای مرکب

هر یک از ادات منطقی پنجگانه، قضایای مرکب گوناگون را به نمایش میگذراند، مانند : قضایای مرکب حاصل از عطف چند قضیه ساده، یا قضایای مرکب حاصل از چند تضمن و غیره .

این قضیه مرکب را به صورت نمادین میتوان نمایش داد:

$(p \vee q) \wedge (p \rightarrow \neg r)$

مثال :فرزاد یا فرامرز یا هر دو در مسابقه بعد بازی خواهند کرد، لیکن اگر فرزاد بد بازی کند، پس جشن پیروزی برگزار نخواهد شد.

منطق (LOGIC)

قواعد پایه ای استنتاج و استدلال

- استنتاج طبیعی از تعداد کمی قاعده به روش استراتژیک استفاده می نماید.
- جهت محاسبه اعتبار استدلالهای پیچیده به کار می رود .

- در برهان، سهولت نسبی حاصل میشود.

منطق (LOGIC)

قواعد پایه ای استنتاج

به همان روش که قضایای مرکب از ترکیب قضایای ساده کوچک حاصل می شوند، استنتاجات مرکب نیز از ترکیب استنتاجات کوچکتر ساده و معتبر حاصل میگردند .

بنابراین اثبات و اعتبار، شامل به کارگیری استنتاجات ساده در قالب قواعد اساسی استنتاج هستند و به منظور برقراری ارتباط بین درستی مقدمات و درستی نتیجه به کار میروند.

یک نوع تست اعتبار برای هر یک از این قواعد استنتاج به این صورت است که مجموعه مقدمات آن منطقا دلالت بر نتیجه آن میکند .ایده محوری برای اثبات اینکه یک نتیجه از مجموعه مقدمات ایجاد میشود این است که روش هایی که از طریق آنها ، نتیجه به وسیله مقدمات حاصل میگردد، پیدا شود.

منطق (LOGIC)

قواعد پایه ای استنتاج

Conjunction / AND Introduction — عطف 1. p 2. q ∴ p ∧ q	Simplification / AND Elimination — تسهیل 1. p ∧ q ∴ p
Addition / OR Introduction — جمع 1. p ∴ p ∨ q	Disjunctive syllogism / Unit resolution — قیاس استثنایی منفصل 1. p ∨ q 2. ¬ p ∴ q
Modus ponens / Implication Elimination — قاعده وضع مقدم 1. p → q 2. p ∴ q	Modus Tollens — قاعده رفع مقدم 1. p → q 2. ¬ q ∴ ¬ p
Constructive Dilemma — قیاس ذوحدین سازنده 1. (p → q) ∧ (r → s) 2. p ∨ r ∴ q ∨ s	Destructive Dilemma — قیاس ذو حدین غیرسازنده 1. (p → q) ∧ (r → s) 2. ¬ q ∨ ¬ s ∴ ¬ p ∨ ¬ r
Hypothetical syllogism / Resolution — قیاس شرطی 1. p → q 2. q → r ∴ p → r یا 1. ¬ p ∨ q 2. ¬ q ∨ r ¬ p ∨ r	Absorption — انجذاب 1. p → q ∴ p → (p ∧ q)

منطق (LOGIC)

منطق مرتبه اول (مسندها / حملیه)

منطق گزار ه ای، منطقی است که اعتبار آن به الگوی گزارههایی، که به صورت واحدهای ساده استدلال هستند ، بستگی دارد و در آن ارتباطات منطقی بین دو واحد استدلالی، ارتباطات بین دو گزاره کامل می باشد . ما اغلب با استنتاجاتی مواجه هستیم که به نظر نمیرسد که کاملا متکی به چنین ارتباطات خارجی باشند .به عنوان مثال استدلالهای زیر را در نظر بگیرید:

۱ - همه سگ ها چهار پا هستند.
۲ – Rexیک سگ است.
۳ - در نتیجه رکس یک چهارپا است.

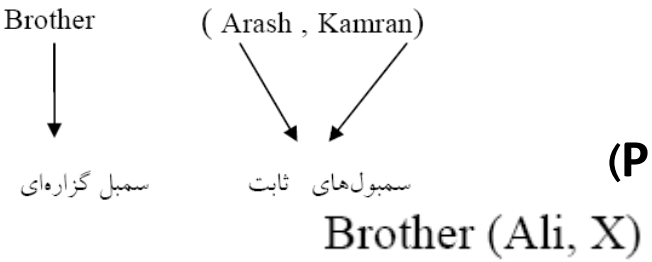
با جایگزین نمودن هر گزاره جزئی با یک متغیر گزاره ای شکل استدلال بالا به صورت زیر خواهد بود.

p	q	r	$p \wedge q$	$(p \wedge q) \rightarrow r$
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

منطق (LOGIC)

ساختار نحو در منطق مرتبه اول

در منطق مرتبه اول بر خلاف منطق گزاره ای که فقط جمله دارد می توان هم جمله (Sentence) داشت و هم عبارت (Term) عبارات اشیا را بازنمایی میکنند و میتوان از سمبلهای ثابت، متغیرها و سمبلهای تابع در ساخت عبارات استفاده نمود.



عناصر نحو در منطق عبارتند از :

- سمبل های ثابت (Constance Symbol)
- سمبل های گزاره ای (Predicates Symbols)
- سمبل های متغیر (Variable Symbols)
- سمبل های تابع (Function symbols)
- ترم(Term)
- جملات اتمیک
- جملات پیچیده

Left Leg of (John)

Equal (Sin (30), 0.5)

Married (Mother of (John), Father of (John))

Brother (Ali, Hadi) ∧ Brother (Hadi, Ali)

Older (John, 30) ∨ Younger (John, 30)

منطق (LOGIC)

ساختار نحو در منطق مرتبه اول

سورها

- سور عمومی

$$\forall\ x;\ \text{Cat}(x) \rightarrow \text{Mammal}(x)$$

- سور وجودی

$$\exists\ x;\ \ \text{sister}(x, \text{spot}) \wedge \text{cat}(x)$$

- سور تو در تو

$$\forall\ x, y\ [\ \text{parent}(x, y) \Rightarrow \text{child}(y\ ,\ x)]$$

$$\forall x\ \exists\ y;\ \text{loves}(x\ ,\ y)$$

$$\exists\ y \forall x;\ \text{loves}(x\ ,\ y)$$

منطق (LOGIC)

ساختار نحو در منطق مرتبه اول

- سورها و مجموعه ها :

تعریف مجموعه	معادل منطقی
$A = B$	$\forall x (x \in A \leftrightarrow x \in B)$
$A \subseteq B$	$\forall x (x \in A \rightarrow x \in B)$
$A \cap B$	$\forall x (x \in A \wedge x \in B)$
$A \cup B$	$\forall x (x \in A \vee x \in B)$
A'	$\forall x (x \in U \mid \sim(x \in A))$
U (مجموعه جهانی)	T (درست)
$\emptyset$ (مجموعه تهی)	F (نادرست)

منطق (LOGIC)

ساختار نحو در منطق مرتبه اول- مثال

E = مجموعه فیلها

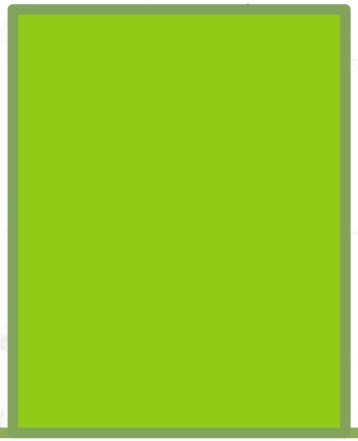
R = مجموعه حیوانات خزنده

G = مجموعه خاکستری‌ها

F = مجموعه چهارپایان

D = مجموعه سگها

M = مجموعه پستانداران



هیچ فیلی خزنده نیست:

بعضی فیلها خاکستری هستند:

هیچ فیلی خاکستری نیست:

بعضی فیلها خاکستری نیستند:

همه فیلها خاکستری رنگ و چهارپا هستند:

همه فیلها و سگها پستاندارند: