

认知基础

Cognitive Foundation

第三章

心理表征

Psychological Representation

史忠植

中国科学院计算技术研究所
<http://www.intsci.ac.cn/>

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

什么是心理表征

- 心理表征是认知科学的核心概念之一，指信息或知识在心理活动中的表示和记录的方式。表征是外部事物在心理活动中的内部再现，因此，它一方面反映客观事物，代表客观事物，另一方面又是心理活动进一步加工的对象。信息由符号组成，如文字和数字，但是对符号赋予了一定的意义，因此有一定的用途或价值。
- 心理表征是对知识的一种形式化描述，或者说是对知识的一组约定，一种心理活动可以接受的用于描述知识的数据结构。

心理表征

本章主要介绍几种常见的心理表征方式：

- 逻辑
- 产生式系统（规则）
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结（神经网络）
- 图式

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

逻辑

- 逻辑在心理和知识的形式化表征和机器自动定理证明方面发挥了重要的作用，最常用的逻辑是命题逻辑、谓词逻辑。
- 命题是具有真假意义的语句，命题逻辑无法表达结构和逻辑关系。
- 谓词=谓词名+个体。谓词名：刻画个体的性质、状态、关系。大写字母表示。个体：独立存在的事物或抽象的概念。小写字母表示，可为常量、变元、函数。谓词逻辑严格地按照相关领域的特定规则，以符号串形式描述该领域有关客体的表达式能够把逻辑论证符号化，并用于证明定理，求解问题。

命题逻辑

- 命题：命题是具有真假意义的语句。

用大写英文字母P, Q, ..., P1, P2, ..., 表示。

例：

上海是中国最大的城市。

今天是星期日。

严禁吸烟！

今天的温度有多少度？

所有素数都是奇数。

$1+1=2$

联结词

■ 析取 \vee

设P, Q是两个命题, 命题 “P或者Q” 称为P, Q的析取, 记以 $P \vee Q$, 读作P析取Q

■ 合取 \wedge

设P, Q是两个命题, 命题 “P并且Q” 称为P, Q的合取, 记以 $P \wedge Q$, 读作P合取Q。

■ 否定 \sim

设P是一个命题, 命题 “P是不对的” 称为P的否定, 记以 $\sim P$, 读作非P。

联结词

■ 蕴涵 \rightarrow

设 P , Q 是两个命题, 命题 “如果 P , 则 Q ” 称为 P 蕴涵 Q , 记以 $P \rightarrow Q$ 。

例. P : $f(x)$ 是可微的,

Q : $f(x)$ 是连续的,

$P \rightarrow Q$: 若 $f(x)$ 是可微的, 则 $f(x)$ 是连续的。

■ 等价 \leftrightarrow

设 P , Q 是两个命题, 命题 “ P 当且仅当 Q ” 称为 P 等价 Q , 记以 $P \leftrightarrow Q$ 。

$P \leftrightarrow Q$ 是真的当且仅当 P , Q 或者都是真的, 或者都是假的。

公式的蕴涵

设 G , H 是两个公式。称 H 是 G 的逻辑结果(或称 G 蕴涵 H), 当且仅当对 G , H 的任意解释 I , 如果 I 满足 G , 则 I 也满足 H , 记作 $G \Rightarrow H$ 。

- 公式 G 蕴涵公式 H iff 公式 $G \rightarrow H$ 是恒真的。
- 设 G_1, \dots, G_n, H 是公式。称 H 是 G_1, \dots, G_n 的逻辑结果(或称 G_1, \dots, G_n 共同蕴涵 H), 当且仅当 $(G_1 \wedge \dots \wedge G_n) \Rightarrow H$ 。

例如, $P, P \rightarrow Q$ 共同蕴涵 Q 。

谓词逻辑

语法与语义

- 基本符号：谓词符号、变量符号、函数符号、常量符号、括号和逗号
- 谓词演算的解释：
 - 谓词符号——对应关系，
 - 常量符号——论域实体，
 - 函数符号——对应函数；
- 原子公式：由若干谓词符号和项组成的谓词演算。原子公式是谓词演算基本积木块。项包括常量符号、变量符号、函数符号等。定义原子公式为真值或假值就表示了某种语义。
- 无变量的原子公式取值确定，包含变量的原子公式取值不定。

谓词逻辑

联结词

- **与、合取** (conjunction)：用联结词 \wedge 把几个公式连接起来而构成的公式。合取项是合取式的每个组成部分。

例：LIKE(I, MUSIC) \wedge LIKE(I, PAINTING)

(我喜爱音乐和绘画。)

- **或、析取** (disjunction)：用联结词 \vee 把几个公式连接起来而构成的公式。析取项是析取式的每个组成部分

例：PLAYS(LILI, BASKETBALL) \vee PLAYS(LILI, FOOTBALL) (李力打篮球或踢足球。)

- **蕴涵** (Implication)：“ \Rightarrow ”表示“如果—那么” (IF—THEN) 关系，其所构成的公式叫做蕴涵。

- **非** (Not) 表示否定， \sim 、 \neg 均可表示

量词

■ 全称量词 (Universal Quantifier)

若一个原子公式 $P(x)$ ，对于所有可能变量 x 都具有 T 值，则用

$(\forall x) P(x)$ 表示

例如：所有的机器人都是灰色的

$(\forall x) [\text{ROBOT}(x) \Rightarrow \text{COLOR}(x, \text{GRAY})]$

■ 存在量词 (Existential Quantifier)

若一个原子公式 $P(x)$ ，至少有一个变元 x ，可使 $P(x)$ 为 T 值，则用 $(\exists x) P(x)$ 表示。

例： $(\exists x) \text{INROOM}(x, r1)$ (1号房间内有个物体)

谓词公式

谓词公式

■ 原子公式的定义：

用 $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示一个 n 元谓词公式，其中 P 为 n 元谓词， x_1, x_2, \dots, x_n 为客体变量或变元。通常把 $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 叫做谓词演算的**原子公式**，或**原子谓词公式**。

■ 谓词公式

可以用联结词把原子谓词公式组成复合谓词公式，并把它叫做**谓词公式**。

合式公式

- 合式公式 (WFF, well-formed formulas)

- 合式公式的递归定义

- (1) 原子谓词公式是合式公式。

- (2) 若A为合适公式，则 $\sim A$ 也是一个合式公式。

- (3) 若A和B都是合式公式，则 $(A \wedge B)$ ， $(A \vee B)$ ， $(A \rightarrow B)$ 和 $(A \leftrightarrow B)$ 也都是合式公式。

- (4) 若A是合式公式， x 为A中的自由变元，则 $(\forall x)A$ 和 $(\exists x)A$ 都是合式公式。

- (5) 只有按上述规则(1)至(4)求得的那些公式，才是合式公式。

合式公式的性质

合式公式的性质

■ 合式公式的真值表

P	Q	$P \vee Q$	$P \wedge Q$	$P \Rightarrow Q$	$\sim P$
T	T	T	T	T	F
F	T	T	F	T	T
T	F	T	F	F	F
F	F	F	F	T	T

■ 等价 (Equivalence)

如果两个合式公式，无论如何解释，其真值表都是相同的，那么我们就称此两合式公式是等价的。

谓词逻辑表示

在使用谓词逻辑表示知识的时候，一般可以基于下面几步来进行：

- 定义谓词及个体，确定每个谓词及个体的确切含义。
- 根据所要表达的事物或概念，为每个谓词中的变元赋予特定的值。
- 根据所要表达的知识的语义，用适当的联接符号将各个谓词联接起来，形成谓词公式。

谓词逻辑表示

例：化下述自然数公理为公式

- (1) 每个数都存在一个且仅存在一个直接后继数。
。
- (2) 每个数都不以0为直接后继数。
- (3) 每个不同于0的数都存在一个且仅存在一个直接前启数。

谓词逻辑表示

解：首先定义谓词和函数。

设函数 $f(x)$ 和 $g(x)$ 分别表示 x 的直接后继数和 x 的直接前启数，谓词 $E(x, y)$ 表示“ x 等于 y ”。那么上述公理可表示为：

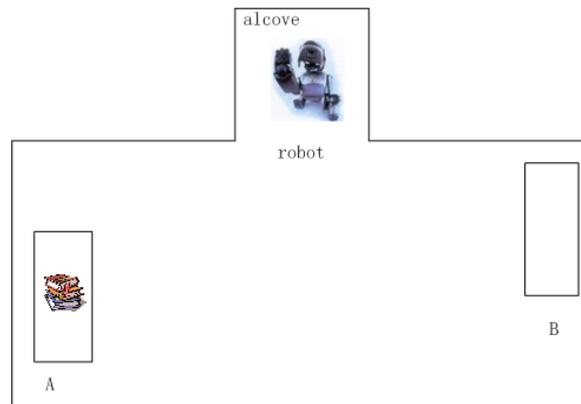
$$(1) (\forall x)(\exists y)(E(y, f(x)) \wedge (\forall z)(E(z, f(x)) \rightarrow E(y, z)))$$

$$(2) \neg((\exists x)E(0, f(x)))$$

$$(3) (\forall x)(\neg E(x, 0) \rightarrow ((\exists y)(E(y, g(x)) \wedge (\forall z)(E(z, g(x)) \rightarrow E(y, z))))))$$

机器人搬书

例：设在一个含有凹室(alcove)的房间内，有桌子A和书架B，一个机器人(robot)和一叠书(book)。现在要求机器人(robot)从凹室出发，把桌子A上的书搬到B处书架上，完成任务后回到凹室。请用谓词逻辑描述机器人完成这一工作的全过程。根据所要表达的知识的语义，用适当的联接符号将各个谓词联接起来，形成谓词公式。



机器人搬书

解：为了能够描述这个机器人世界的有关环境和状态变迁，要求必须先定义谓词。注意这里需要定义两类谓词：一类用来描述环境状态，另一类谓词用来表示机器人的操作。

首先定义描述环境状态的谓词：

TABLE(x) : x是桌子, x的个体域: {a};

BOOKCASE(z) : z是书架, z的个体域: {b};

EMPTY(y) : y手中是空的, y的个体域: {robot};

HOLDS(y, u) : y手中拿着u, u的个体域: {books};

AT(y, w) : y在w处, w的个体域: {a, b, alcove};

ON(u, x) : u被放在x之上;

CLEAR(v) : v上(中)是空的, v的个体域: {a, b}.

机器人搬书

解：使用谓词以及联结词、量词等来表示环境状态。这样，问题的初始状态可表示为：

$$\begin{aligned} S_0: & \text{AT}(\text{robot}, \text{alcove}) \wedge \text{EMPTY}(\text{robot}) \\ & \wedge \text{ON}(\text{books}, \text{a}) \wedge \text{CLEAR}(\text{b}) \\ & \text{TABLE}(\text{a}) \wedge \text{BOOKCASE}(\text{b}) \end{aligned}$$

要求达到的目标状态为：

$$\begin{aligned} S_g: & \text{AT}(\text{robot}, \text{alcove}) \wedge \text{EMPTY}(\text{robot}) \\ & \wedge \text{ON}(\text{books}, \text{b}) \wedge \text{CLEAR}(\text{a}) \\ & \text{TABLE}(\text{a}) \wedge \text{BOOKCASE}(\text{b}) \end{aligned}$$

机器人搬书

解：从初始状态到达目标状态的变迁，必须由机器人一步一步地执行相应的操作序列，得以逐步实现。因此，必须要定义操作类谓词。仔细加以分析，必要的操作谓词共有三类：

GOTO(x, w)：机器人从x走到w处；

PICK-UP(x)：机器人在x处拿起书；

SET-DOWN(w)：机器人在w处放下书。

一般说来，如果定义谓词太多，将造成信息冗余，增加了问题的复杂度；如果定义谓词太少，就不够用。因此，定义的谓词性质与数量要合适。

机器人搬书

解：按照行动规划，仔细选择操作，一步步进行状态替换，直到达到目标状态。即要求把状态变迁过程和操作序列记录下来，来描述问题解。下面写出该过程的最优路径：

$AT(robot, alcove) \wedge EMPTY(robot) \wedge ON(books, a)$

$CLEAR(b) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$

↓ **GOTO(alcove, a)**

$AT(robot, a) \wedge EMPTY(robot) \wedge ON(books, a)$

$CLEAR(b) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$

↓ **PICK-UP (a)**

$AT(robot, a) \wedge HOLDS(robot, books) \wedge CLEAR(a)$

$CLEAR(b) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$

机器人搬书

解：下面写出该过程的最优路径：

$AT(robot, a) \wedge HOLDS(robot, books) \wedge CLEAR(a)$
 $CLEAR(b) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$

↓ **GOTO (a, b)**

$AT(robot, b) \wedge HOLDS(robot, books) \wedge CLEAR(a)$
 $CLEAR(b) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$

↓ **SET-DOWN (b)**

$AT(robot, b) \wedge EMPTY(robot) \wedge ON(books, b)$
 $CLEAR(a) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$

↓ **GOTO (b, alcove)**

$AT(robot, alcove) \wedge EMPTY(robot) \wedge ON(books, b)$
 $CLEAR(a) \wedge TABLE(a) \wedge BOOKCASE(b)$ (解毕)

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

产生式系统

产生式系统 (production system) 的概念, 最早是由帕斯特 (Post E) 于1943年提出的产生式规则得来的。他用这种规则对符号串作替换运算。1965年美国的纽厄尔和西蒙利用这种原理建立了人类的认知模型。同年, 斯坦福大学设计第一个专家系统 DENDRAL时, 就采用产生式系统的结构。产生式系统是目前已建立的专家系统中知识表示的主要手段之一, 如 MYCIN、CLIPS/JESS系统等。在产生式系统中, 把推理和行为的过程用产生式规则表示, 所以又称基于规则的系统。

产生式系统的基本结构

■ 产生式规则

- 条件 → 行动

- 前提 → 结论

- “if P then Q” 注意：P和Q不一定总是用谓词表示

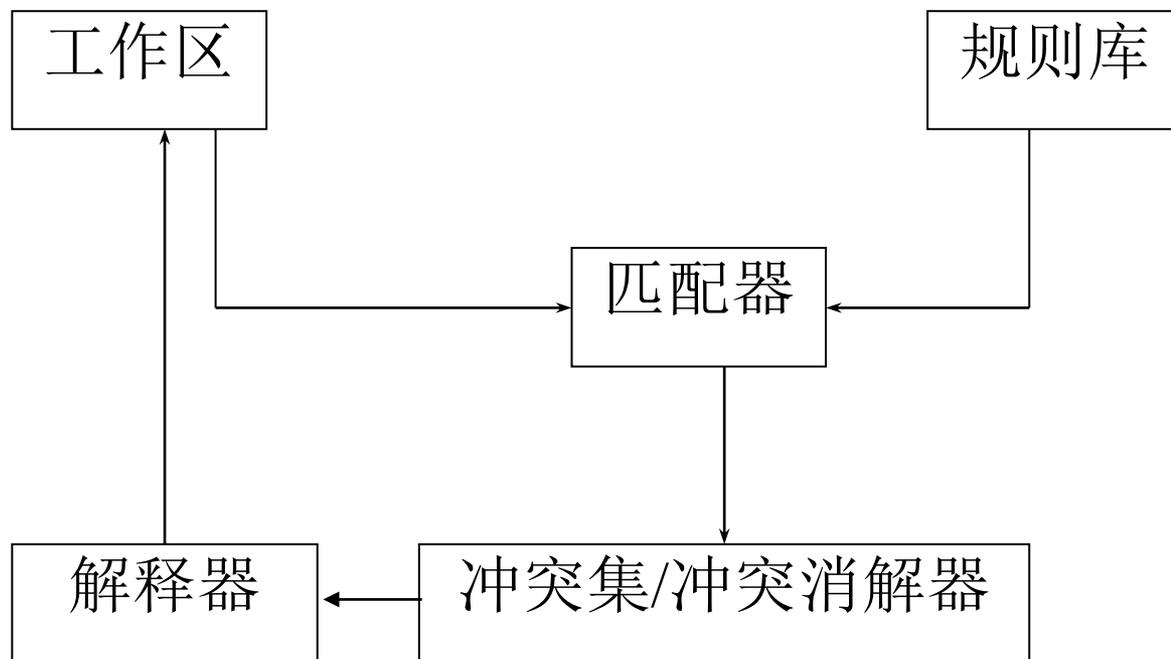
■ 谓词逻辑中的蕴含式和产生式

- 基本形式相同

- 蕴含式是产生式的一种特殊情况

- 蕴涵式知识产生式规则的特殊形式

产生式系统的基本结构



产生式系统的基本结构

工作区

- 综合数据库是用于存放问题求解过程中各种当前信息的数据结构, 包括原有信息, 中间结果, 最终结果等.
- 规则的激活: 当规则库中某条产生式的前提可与综合数据库中的某些已知事实匹配时, 该产生式就被激活
- 综合数据库是不断更新和变化的, 是动态的
- 综合数据库也称为: 上下文、黑板、工作区等

产生式系统的基本结构

■ 控制子系统

- 控制子系统负责整个产生式系统的运行
 - 匹配器判断规则条件是否成立，
 - 冲突消解器负责选择可调用的规则，
 - 解释器负责执行规则的动作，并在满足结束条件时终止产生式系统的运行。

具体有：

- 匹配规则条件部分；
- 多于一条规则匹配成功时，选择哪条规则执行（点燃）；
- 如何将匹配规则的结论部分放入综合数据库（是直接添加到数据库中，还是替换其中的某些东西）；
- 决定系统何时终止；

产生式系统的基本结构

■ 识别-动作循环

- (1) 从规则库中寻找所有能够和工作区中已有事实相匹配的规则，并将这些规则加入到冲突集中
- (2) 若有多个规则存在，则根据冲突消解策略由冲突集中选择一条规则执行。
- (3) 执行规则中的动作，根据动作向工作区中加入新的事实或删除旧的事实。

例1

- 八数码游戏 (eight puzzle)

2	3	7
	5	1
4	8	6

1	2	3
8		4
7	6	5

例1

- 游戏说明：
 - 一个棋盘有9个方格，放了8个数（1-8）；
 - 初始时，8个数随机放置；
 - 数字移动规则：空格周围的数字可移动到空格中；
 - 如果通过移动数字，达到一个目标状态，则游戏成功结束；
 - 求一个走步序列；
- 问题：怎样用一个产生式系统描述并解决上述问题？

例1

- 产生式系统的描述：
 - 综合数据库：存放棋盘的状态。
 - 棋盘的状态：8个数字在棋盘上的位置分布。
 - 每走一步，状态就会发生变化；
 - 存放棋盘的当前状态；
 - 规则：规则是数字移动的方法。
 - 空格的移动：
 - 如果空格左边有数字，则将左边的数字移到空格上；
 - 如果空格右边有数字，则将右边的数字移到空格上；
 - 如果空格上边有数字，则将上边的数字移到空格上；
 - 如果空格下边有数字，则将下边的数字移到空格上；

例2

- 问题：设字符转换规则

$$A \wedge B \rightarrow C$$

$$A \wedge C \rightarrow D$$

$$B \wedge C \rightarrow G$$

$$B \wedge E \rightarrow F$$

$$D \rightarrow E$$

已知：A, B

求：F

例2

一、综合数据库

{x}，其中x为字符

二、规则集

- 1, IF $A \wedge B$ THEN C
- 2, IF $A \wedge C$ THEN D
- 3, IF $B \wedge C$ THEN G
- 4, IF $B \wedge E$ THEN F
- 5, IF D THEN E

例2

三、控制策略

顺序排队

四、初始条件

$\{A, B\}$

五、结束条件

$F \in \{x\}$

产生式系统的推理

- 正向推理:从已知事实出发,通过规则库求得结论.也称为数据驱动方式,或从底向上的方式
- 反向推理:从目标出发.反向使用规则,求得已知事实,或称目标驱动,自顶向下.
- 双向推理:既自顶向下,又自底向上相结合得方法.直至某个中间界面两方向结果相符便成功结束.

正向推理推理过程

- 正向推理推理过程

(1) 规则库中的规则与数据库中的事实进行匹配, 得到匹配成功的规则集合

(2) 从匹配规则集中选择一条规则作为使用规则

(3) 执行使用规则的后件, 将该规则的后件送入数据库.

重复上述过程直到达到目标

反向推理推理过程

- 反向推理推理过程

(1) 规则集中的规则后件与目标事实进行匹配, 得到匹配的规则集合

(2) 从匹配规则集合中选择一条规则作为使用规则

(3) 将使用规则的前件作为子目标

重复上述过程, 直到各子目标均为已知事实成功结束

产生式系统的特点

- 优点

- (1) 自然性
- (2) 模块性
- (3) 有效性既可表示确定性知识, 又可表示非确定性知识, 既可表示启发式知识, 又可表示过程性知识
- (4) 清晰性: 格式固定, 结构简单, 便于一致性, 完整性检查

- 不足之处

- 效率不高: 匹配-冲突消解-执行, 并且可能产生组合爆炸
- 不能表达具有结构性的知识

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

框架表征

- 框架：框架是一种结构化表示法，通常采用语义网络中的节点-槽-值表示结构，以通用数据结构的形式存储以往的经验知识。
- 框架与语义网络的关系：
 - 框架可以定义为一组语义网络的节点与槽，这组节点与槽可以描述格式固定的事务、行为和事件；
 - 语义网络是节点和弧线的集合，也可以看作框架的集合。

思考：框架与语义网络的区别？

框架的构成

- 框架通常由描述事务的各个方面的槽组成，每个槽可以拥有若干个侧面，而每个侧面可以拥有若干个值。

- 框架的一般结构：

〈框架名〉

〈槽 1 〉 〈侧面 11 〉 〈值 111 〉...

〈侧面 12 〉 〈值 121 〉...

...

〈槽 1 〉 〈侧面 21 〉 〈值 211 〉...

〈侧面 22 〉 〈值 221 〉...

...

...

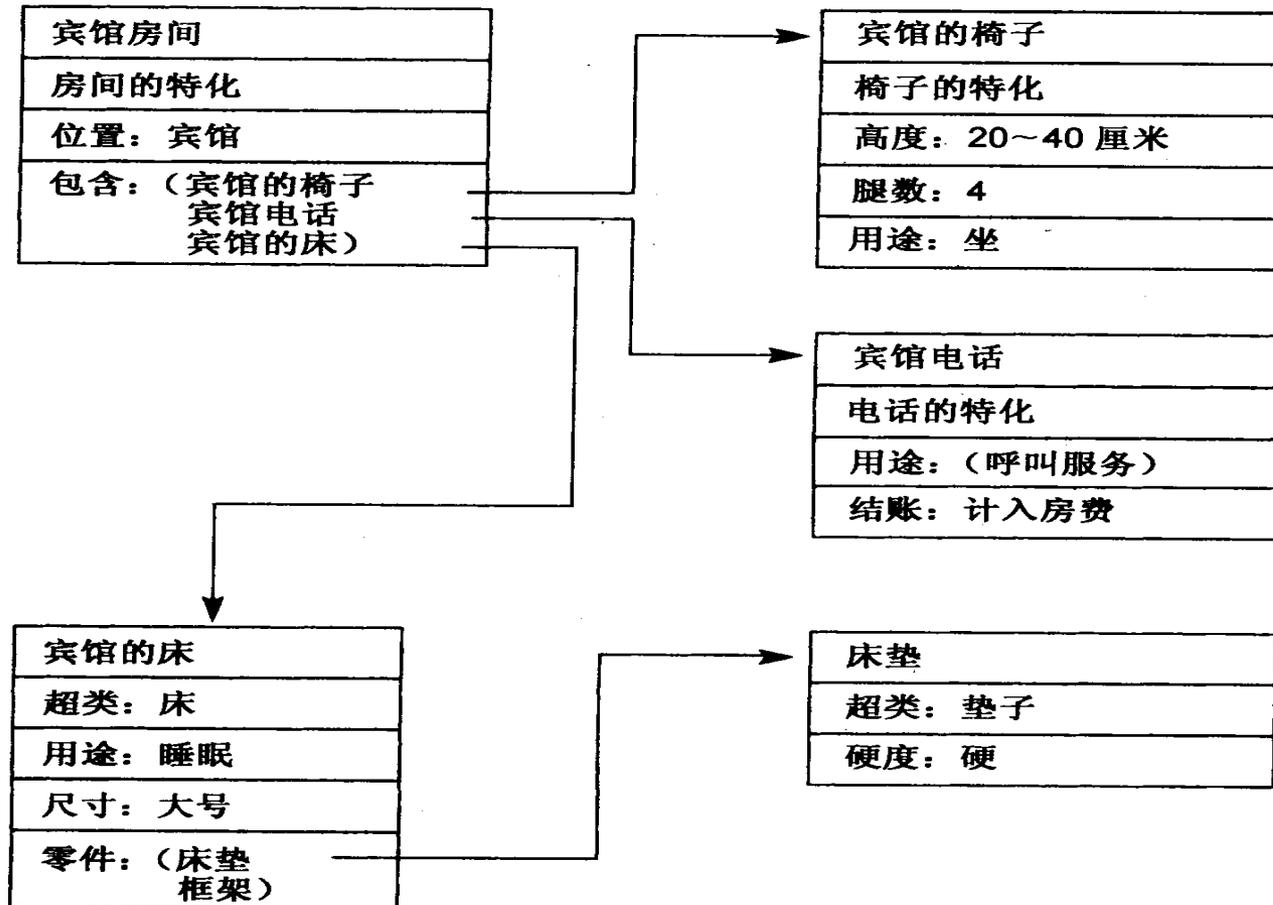
〈槽 1 〉 〈侧面 n1 〉 〈值 n11 〉...

〈侧面 n2 〉 〈值 n21 〉...

...

〈侧面 nm 〉 〈值 nm1 〉...

宾馆房间的框架描述

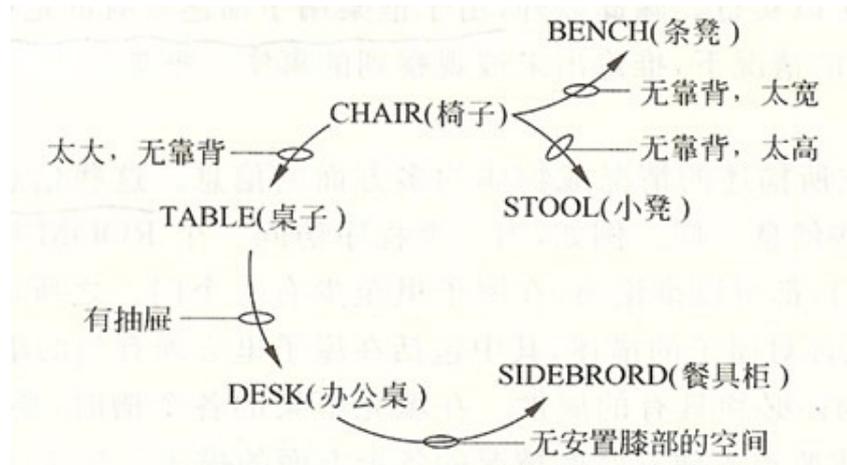


框架的推理

- 框架系统的基本推理方法
 - 特性继承，例如：燕子 → 鸟
 - 部分匹配，例如TOY - HOUSE
 - 从描述中直接引用，例如：ROOM的例子
 - 各槽值的相关信息可以指导进行该槽值的描述，
- 思考：框架是一种规定格式描述的事务、行为与事件。那么对于具体的应用，当直接套用框架知识推理不顺利时，框架推理的策略？

框架推理的选择方法

- 选择与当前情况对应的框架片断，与其他候选框架相匹配，选择最佳匹配；（知识的合成、交叉）
- 允许部分不相匹配的信息，如漏失某项特性比多了某项特性更合理，比如只有一条腿的人比有三条腿的人更合理；（合理推断）
- 查询框架之间保存有关的连接，指出应用此框架不合理的情况下，可以下一步试探的建议框架；



- 沿着框架系统的层次向上搜索，知道找到足够通用、与事实不矛盾的框架，或直接使用，或者建立新的下一层框架。（类型匹配与新类生成）

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

案例

- 人们为了解决一个新问题，先是进行回忆，从记忆中找到一个与新问题相似的案例，然后把该案例中的有关信息和知识复用到新问题的求解之中。以医生看病为例，在他对某个病人做了各种检查之后，会想到以前看过的病人情况。找出在几个重要症状上相似的病人，参考那些病人的诊断和治疗方案，用于眼前的这个病人。

什么是案例 ？

- 案例（case）是对某个过去发生的事件的真实描述，……目的是引发对一个特殊情境的讨论和分析。”
- 案例 是事件。
- 案例 是含有问题或疑难情境在内的事件。
- 案例 是典型的事件。
- 案例 是真实发生的事件。
- 案例是一段带有上下文信息的知识，该知识表达了推理机在达到其目标的过程中能起关键作用的经验。

案例 1

C A S E 1	Problem (Symptoms) <ul style="list-style-type: none">• <i>Problem:</i> Front light doesn't work• <i>Car:</i> VW Golf II, 1.6 L• <i>Year:</i> 1993• <i>Battery voltage:</i> 13,6 V• <i>State of lights:</i> OK• <i>State of light switch:</i> OK
	Solution <ul style="list-style-type: none">• <i>Diagnosis:</i> Front light fuse defect• <i>Repair:</i> Replace front light fuse

案例 2

C A S E 2	Problem (Symptoms) <ul style="list-style-type: none">• Problem: Front light doesn't work• Car: Audi A6• Year: 1995• Battery voltage : 12,9 V• State of lights: surface damaged• State of light switch: OK
	Solution <ul style="list-style-type: none">• Diagnosis: Bulb defect• Repair: Replace front light

修车

Feature

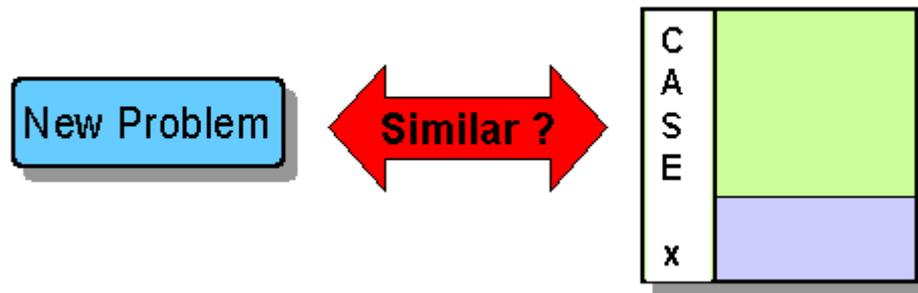
Value

Problem (Symptom):

- *Problem*: Break light doesn't work
- *Car*: Audi 80
- *Year*: 1989
- *Battery voltage*: 12.6 V
- *State of light*: OK

修车

- 为了修车，我们可以把当前车故障的情况与以前发生过的故障比较，找出最相近的案例。



相似度计算

- 相似度取值在0-1之间。

– Feature: *Problem*

Front light doesn't work \longleftrightarrow 0.8 \longleftrightarrow Break light doesn't work

Front light doesn't work \longleftrightarrow 0.4 \longleftrightarrow Engine doesn't start

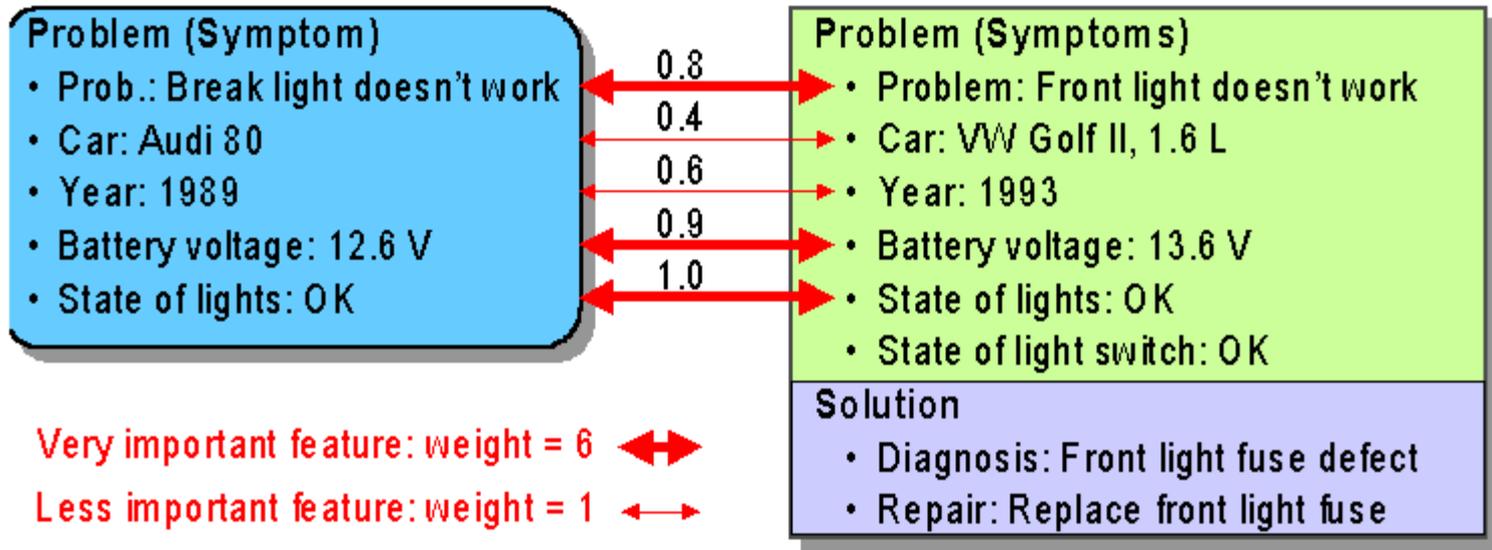
– Feature: *Battery voltage* (similarity depends on the difference)

12.6 V \longleftrightarrow 0.9 \longleftrightarrow 13.6 V

12.6 V \longleftrightarrow 0.1 \longleftrightarrow 6.7 V

- 不同的属性的重要程度不一样

案例问题求解



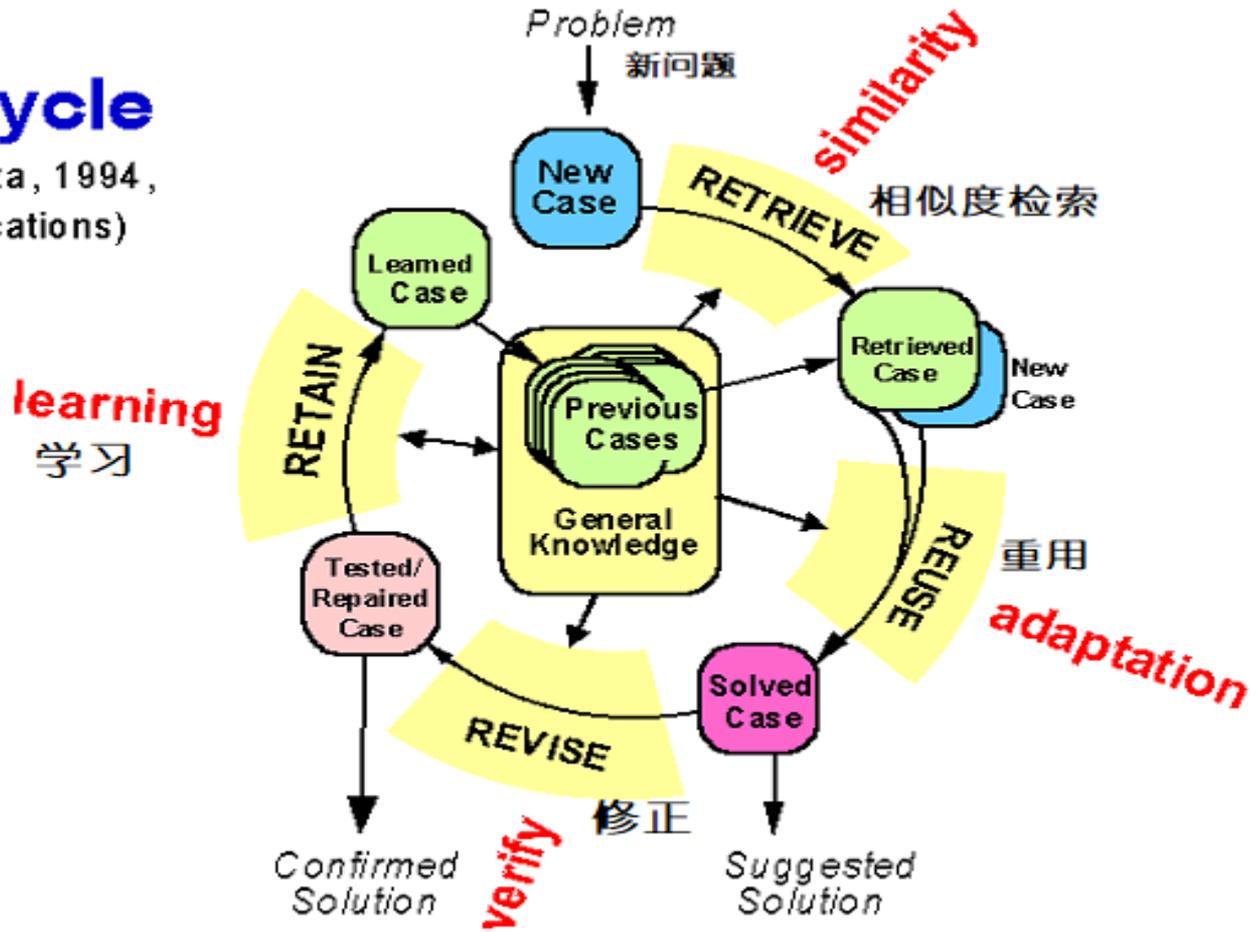
Similarity Computation by Weighted Average

$$\text{similarity}(\text{new}, \text{case 1}) = 1/20 * [6*0.8 + 1*0.4 + 1*0.6 + 6*0.9 + 6* 1.0] = 0.86$$

基于案例推理

CBR Cycle

(Aamodt & Plaza, 1994, AI Communications)



案例的表示

在生理学、心理学等领域，已经广泛开展了关于记忆的研究。心理学的研究者们注重研究记忆的一般理论，已经提出了许多记忆模型，典型的包括情景记忆（episodic memory），语义记忆（semantic memory），联想记忆（associative memory）、Schank 的动态记忆理论（dynamic memory）等。

知识是有结构的体系。在某些任务的执行过程中，专家采用语义记忆来存储信息。这种信息记忆方法具有下列优点：

- 有利于检索。
- 易于组织。可以把它们连接成树形层次或者网络。
- 易于管理。知识的改变只对局部产生影响。
- 有利于知识的共享。

案例的表示

语义记忆单元，是指在学习、分析、理解、记忆知识的过程中所着重关注的其中那些概念、模式、主题等，以及据此形成的关于知识的概念性认识。换言之，这些语义记忆单元是系统对知识经“计算”之后，抽取其中最能反映知识本身特征且可以很好地使知识内在地联系在一起的那些因素而获得的。

记忆网

我们所记忆的知识彼此之间并不是孤立的，而是通过某种内在的因素相互之间紧密地或松散地有机联系成的一个统一的体系。我们使用记忆网来概括知识的这一特点。一个记忆网便是以语义记忆单元为结点，以语义记忆单元间的各种关系为连接建立起来的网络。

记忆网



SMU = { SMU_NAME slot
Constraint slots
Taxonomy slots
Causality slots
Similarity slots
Partonomy slots
Case slots
Theory slots
}

记忆网

(1) **SMU_NAME slot**: 简记为 SMU 槽。它是语义记忆单元的概念性描述，通常是一个词汇或者一个短语。

(2) **Constraint slots**: 简记为 CON 槽。它是对语义记忆单元施加的某些约束。通常，这些约束并不是结构性的，而只是对 SMU 描述本身所加的约束。另外，每一约束都有 CAS 侧面 (facet) 和 THY 侧面与之相连。

(3) **Taxonomy slots**: 简记为 TAX 槽。它定义了与该 SMU 相关的分类体系中的该 SMU 的一些父类和子类。因此，它描述了网络中结点间的类别关系。

(4) **Causality slots**: 简记为 CAU 槽。它定义了与该 SMU 有因果联系的其它 SMU，它或者是另一些 SMU 的原因，或者是另外一些 SMU 的结果。因此，它描述了网络中结点间的因果联系。

记忆网

(5) **Similarity slots**: 简记为 SIM 槽。它定义了与该 SMU 相似的其它 SMU，描述网络中结点间的相似关系。

(6) **Partonomy slots**: 简记为 PAR 槽。它定义了与该 SMU 具有部分整体关系的其它 SMU。

(7) **Case slots**: 简记为 CAS 槽。它定义了与该 SMU 相关的案例集。

(8) **Theory slots**: 简记为 THY 槽。它定义了关于该 SMU 的理论知识。

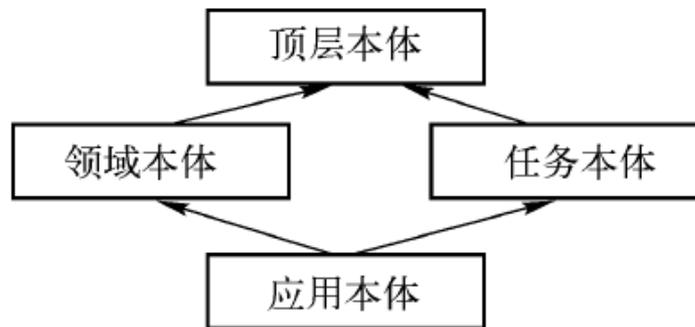
上述 8 类槽可以总地分成三大类。一类反映各 SMU 之间的关系，包括 TAX 槽、CAU 槽、SIM 槽和 PAR 槽；第二类反映 SMU 自身的内容和特性，包括 SMU 槽和 THY 槽；第三类反映与 SMU 相关的案例信息，包括 CAS 槽和 CON 槽。

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

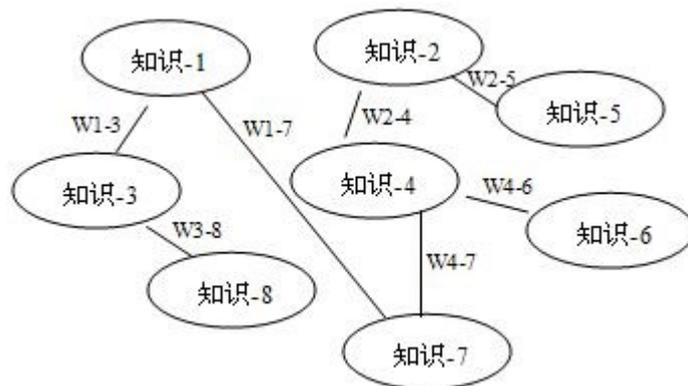
本体

- 美国斯坦福大学知识系统实验室 (KSL) 的格鲁伯 (Gruber T R) 在1993年指出：“本体是概念化的一个显式的规范说明或表示。”这是第一个在信息科学领域广泛接受的本体的正式定义。博斯特 (Borst W) 对格鲁伯的本体定义稍微作了一点修改，认为本体可定义为“被共享的概念化的一个形式的规格说明”。
- 根据本体在主题上的不同层次，将本体分为顶层本体 (Top-level ontology)、领域本体 (Domain ontology)、任务本体 (Task ontology) 和应用本体 (Application ontology)。



知识图谱

- 知识图谱 (Knowledge Graph) 本质上是一种语义网络。其节点代表实体 (entity) 或者概念 (concept)，边代表实体/概念之间的各种语义关系。知识图谱最早2012年是由Google提出的Knowledge Graph。



知识图谱构建

- 构建知识图谱的关键在于，如何确定知识之间的关联，关联度有多大，这是构建知识图谱的重点。

(1) 定性关系

在知识图谱中，“知识”之间的“关系”可以是一个简单的定性说明，如：父子关系、夫妻关系、隶属关系等。

(2) 定量关系

确定知识之间的“相关度”需要通过“语义计算”，定量分析“语义”的相似度，来确定知识之间的定量关系。

知识图谱应用

- 在“智能问答”中，“知识图谱”可以根据语义计算，快速、动态地寻找最优答案，准确回答用户提出的问题。

神机医药

请输入搜索关键词



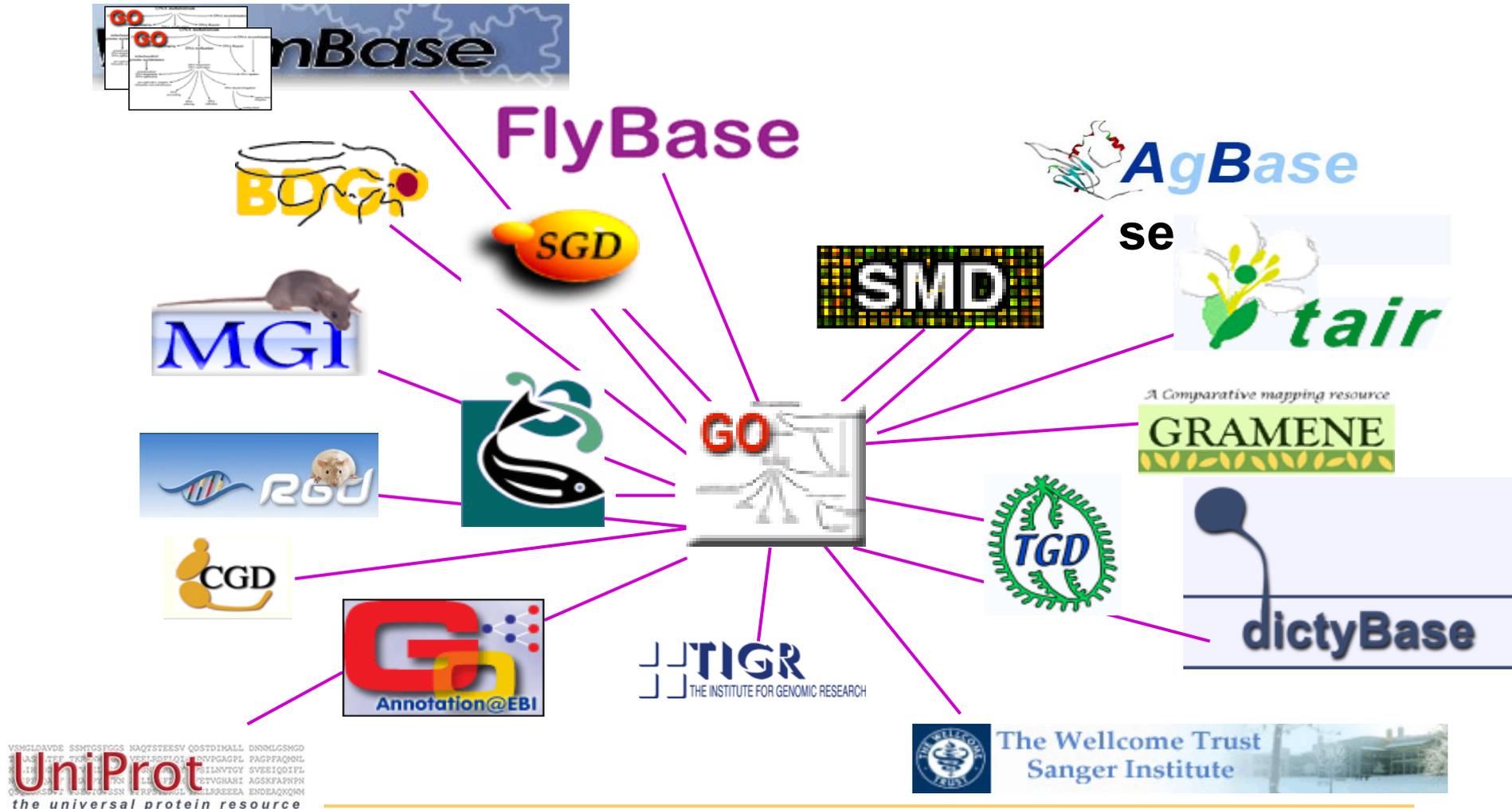
神机医药

免费人工智能《医药知识搜索》
一次输入找到所有相关知识
药品：对什么病症？相关的药品？
病症：用什么药品？相关的病症？

基因本体

- 解决生物学定义混乱的现象，使各种数据库中基因产物功能描述相一致
- 使得在不同生物数据库中的查询具有极高的一致性
- 允许在各种水平查询基因产物的特性

基因本体广泛应用



基因本体数据库GO

- 基因本体联合会(Gene Ontology Consortium)所建立的数据库，旨在建立一套适用于各种物种的，对基因和蛋白质功能进行限定和描述的，并能随着研究不断深入而更新的语义(terms)词汇标准。

基因本体数据库GO

- 分子功能 (*Molecular Function*) 描述在个体分子生物学上的活性，如催化活性或结合活性。
- 生物学过程 (*Biological Process*)
由分子功能有序地组成的，具有多个步骤的一个过程。
- 细胞组件 (*Cellular Component*) 指基因产物位于何种细胞器或基因产物组中 (如粗面内质网，核糖体，蛋白酶体等)，即基因产物在什么地方起作用

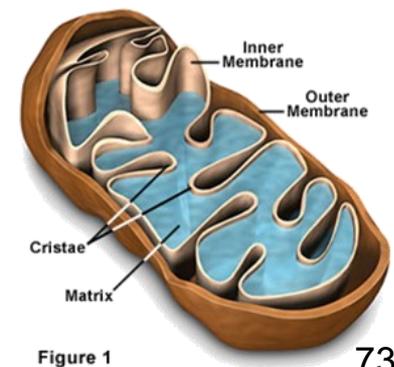
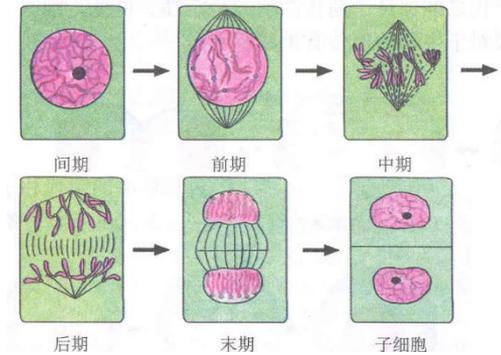
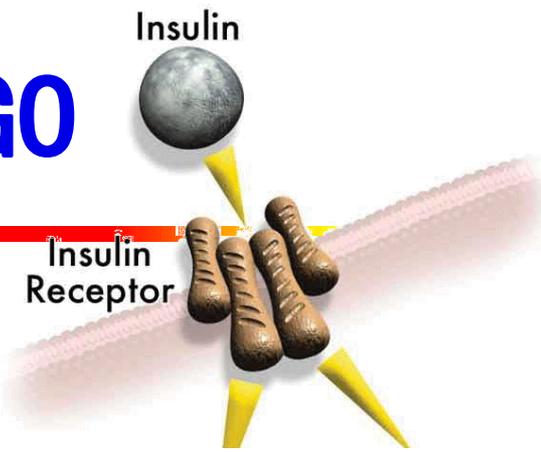
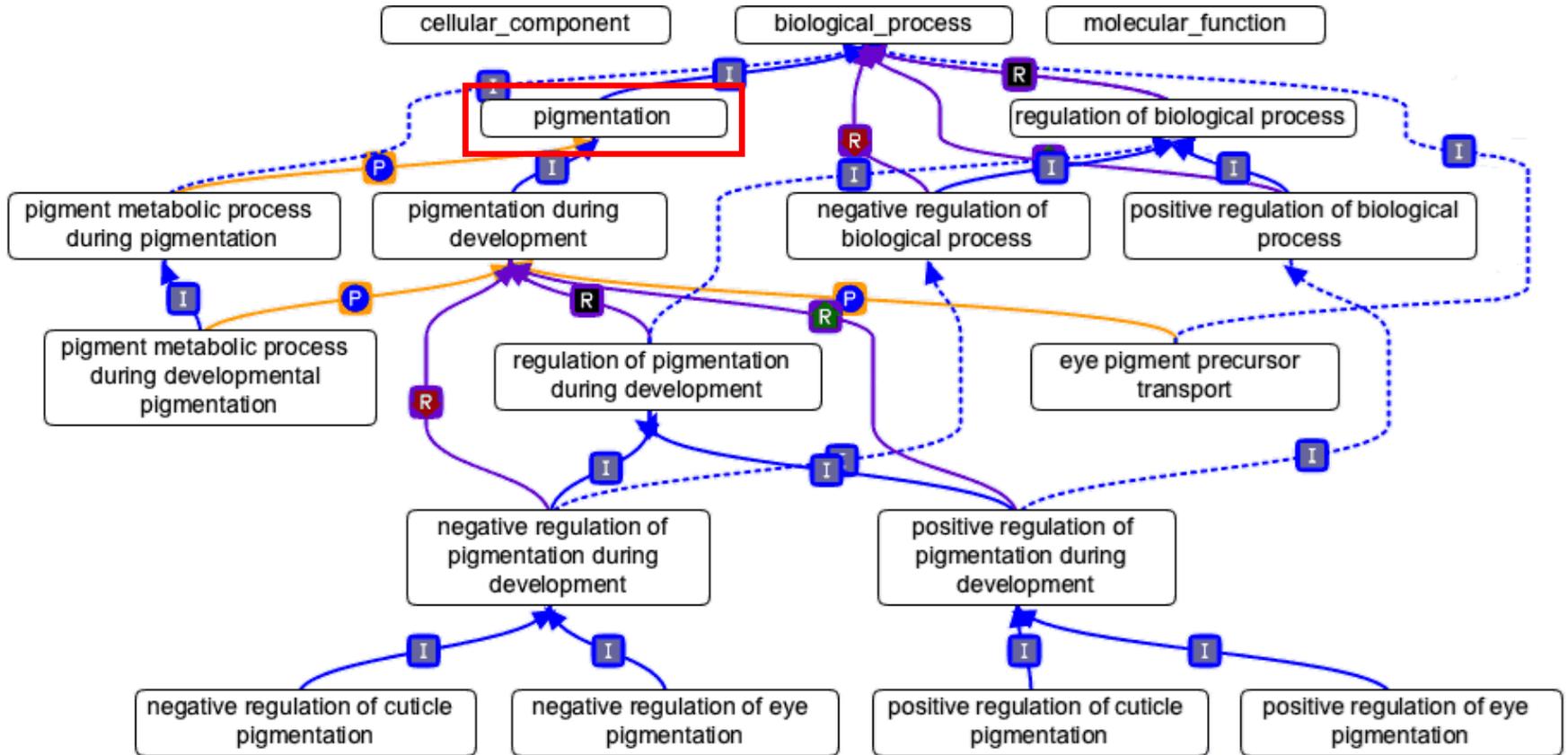


Figure 1

基因本体数据库GO



AmiGO类蛋白

<http://amigo.geneontology.org>

the Gene Ontology

AmiGO

Search Browse BLAST More Tools Help

Search GO terms genes or proteins exact match 提交查询内容

Tree Browser

▼ Filter tree view ?

Filter by ontology

Ontology

- All
- biological process
- cellular component
- molecular function

Filter Gene Product Counts

Data source

- All
- ASAP
- AspGD
- CGD

Species

- All
- Arabidopsis thaliana
- Bacillus anthraci...
- Bacillus subtilis

View Options

Tree view Full Compact

Set filters

Remove all filters

all : all [446497 gene products] [E](#)

- GO:0008150** : biological_process [340374 gene products]
- GO:0005575** : cellular_component [304201 gene products]
- GO:0003674** : molecular_function [364604 gene products]

Actions...

- Last action: Reset the tree
- Graphical View
- Permalink
- Download...
- OBO
- RDF/XML
- GraphViz dot

AmiGO Version: [1.7](#)

[Try AmiGO Labs](#)

GO database release 2010-08-21

[Cite this data](#) • [Terms of use](#) • [GO helpdesk](#)

Copyright © 1999-2009 the Gene Ontology

AmiGO类蛋白

http://amigo.geneontology.org

Term Search Results

8 results for **cytokine secretion** in terms fields **term accession, term name and synonyms**

▼ **Filter search results**

Ontology

All

biological process
cellular component
molecular function

Results are sorted by **relevance**. To change the sort order, click on the column headers.

Perform an action with this page's selected terms...

rel ↓	Accession , Term	Ontology
<input type="checkbox"/>	GO:0050663 : cytokine secretion [show def]	167 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0050707 : regulation of cytokine secretion [show def]	146 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0050715 : positive regulation of cytokine secretion [show def] Query matches synonyms "up regulation of cytokine secretion " [exact synonym], and 4 more	113 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0050710 : negative regulation of cytokine secretion [show def] Query matches synonyms "down regulation of cytokine secretion " [exact synonym], and 3 more	57 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0002374 : cytokine secretion involved in immune response [show def]	36 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0002739 : regulation of cytokine secretion involved in immune response [show def]	36 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0002740 : negative regulation of cytokine secretion involved in immune response [show def]	33 gene products view in tree biological process
<input type="checkbox"/>	GO:0002741 : positive regulation of cytokine secretion involved in immune response [show def]	3 gene products view in tree biological process

Perform an action with this page's selected terms...

AmiGO类蛋白

http://amigo.geneontology.org

cytokine secretion

Term associations ↓ Term information → Term lineage → External references →

Gene Product Associations to cytokine secretion ; GO:0050663 and children

Download all association information in: gene association format RDF-XML

Filter associations displayed ?

<p>Filter by Gene Product</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">Gene Product Type</td> <td style="width: 33%;">Data source</td> <td style="width: 33%;">Species</td> </tr> <tr> <td>All</td> <td>All</td> <td>All</td> </tr> <tr> <td>gene</td> <td>ASAP</td> <td>Arabidopsis thaliana</td> </tr> <tr> <td>gene product</td> <td>AspGD</td> <td>Bacillus anthraci...</td> </tr> <tr> <td>mirna</td> <td>CGD</td> <td>Bacillus subtilis</td> </tr> </table>	Gene Product Type	Data source	Species	All	All	All	gene	ASAP	Arabidopsis thaliana	gene product	AspGD	Bacillus anthraci...	mirna	CGD	Bacillus subtilis	<p>Filter by Association</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Evidence Code</td> </tr> <tr> <td>All</td> </tr> <tr> <td>IC</td> </tr> <tr> <td>IDA</td> </tr> <tr> <td>IEA</td> </tr> </table>	Evidence Code	All	IC	IDA	IEA	<p>View associations</p> <p><input checked="" type="radio"/> All <input type="radio"/> Direct associations</p>
Gene Product Type	Data source	Species																				
All	All	All																				
gene	ASAP	Arabidopsis thaliana																				
gene product	AspGD	Bacillus anthraci...																				
mirna	CGD	Bacillus subtilis																				
Evidence Code																						
All																						
IC																						
IDA																						
IEA																						

1 2 3 4 5 View all results

cytokine secretion ; GO:0050663 [show def] [view in tree]

Symbol, full name	Information	Qualifier	Evidence	Reference	Assigned by
<input type="checkbox"/> LCP2 Lymphocyte cytosolic protein 2	7 associations BLAST protein from <i>Homo sapiens</i>		IEA With Ensembl:ENSMUSP00000056621	GO REF:0000019	Ensembl (via UniProtKB)
<input type="checkbox"/> Lcp2 lymphocyte cytosolic protein 2	4 associations BLAST protein from <i>Mus musculus</i>		IMP With MGI:MGI:2180002	MGI:MGI:3044081	MGI
<input type="checkbox"/> LCP2 Lymphocyte cytosolic protein 2 (SH2 domain containing leukocyte protein of 76kDa)	3 associations BLAST protein from <i>Bos taurus</i>		IEA With Ensembl:ENSMUSP00000056621	GO REF:0000019	Ensembl (via UniProtKB)
<input type="checkbox"/> Lyn v-yes-1 Yamaguchi sarcoma viral related oncogene homolog	63 associations BLAST gene from <i>Rattus norvegicus</i>		IMP	RGD:1578516	RGD
<input type="checkbox"/> Lyn Yamaguchi sarcoma viral (v-yes-1) oncogene	49 associations BLAST protein from <i>Mus musculus</i>		ISO With UniProtKB:Q07014	MGI:MGI:4417868	RGD (via MGI)

基因本体数据库GO的应用

<http://amigo.geneontology.org>

- GO的局限性
 - GO 不是基因序列或基因产物数据库，相反的，GO强调基因产物在细胞中的功能。
 - GO不能反映此基因的表达情况
- 用于基因组分析
- 用于基因表达分析
- GO可能的应用

基因本体数据库GO可能的应用

<http://amigo.geneontology.org>

- 整合来自于不同生物的蛋白组信息。
- 判定蛋白结构域的功能。
- 找到在疾病/衰老中异常表达的基因的功能类似性。
- 预测与一种疾病相关的基因
- 分析在发育中同时表达的基因
- 建立起自动的能从文献中获取基因功能信息的工具。

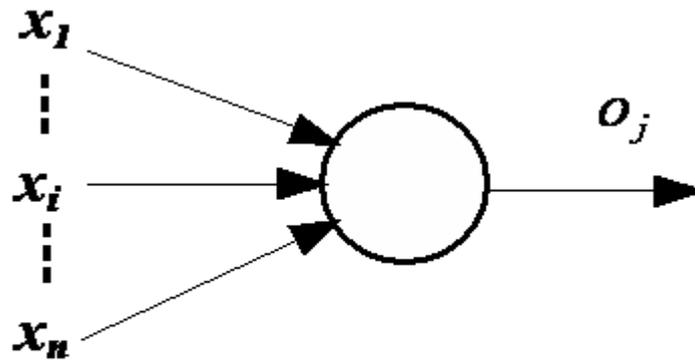
事理图谱

- 2016年7月，哈工大社会计算与信息检索研究中心（HIT-SCIR）开始启动事理图谱的研究工作。2018年9月，在研究中心丁效老师的主持下，研制出中文金融事理图谱1.0版本，2019年7月更新为2.0版。
- 事理图谱（Event Logic Graph，缩写ELG）是一个事理逻辑知识库，描述了事件之间的演化规律和模式。结构上，事理图谱是一个有向有环图，其中节点代表事件，有向边代表事件之间的顺承、因果、条件和上下位等事理逻辑关系。
- 事理图谱让静态知识动起来。

内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

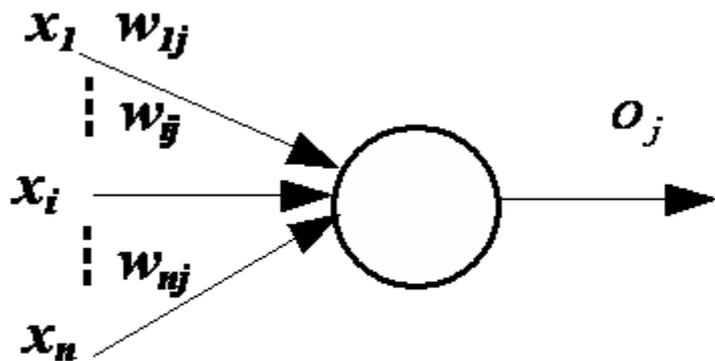
多输入单输出



(a)多输入单输出

图表明，正如生物神经元有许多激励输入一样，人工神经元也应该有许多的输入信号，图中每个输入的大小用确定数值 x_i 表示，它们同时输入神经元 j ，神经元的单输出用 o_j 表示。

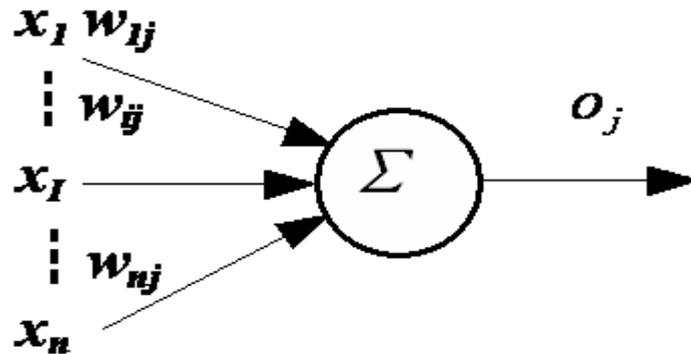
输入类型：兴奋性和抑制性



(b)输入加权

生物神经元具有不同的突触性质和突触强度，其对输入的影响是使有些输入在神经元产生脉冲输出过程中所起的作用比另外一些输入更为重要。图(b)中对神经元的每一个输入都有一个加权系数 w_{ij} ，称为权值，其正负模拟了生物神经元中突触的兴奋和抑制，其大小则代表了突触的不同连接强度。

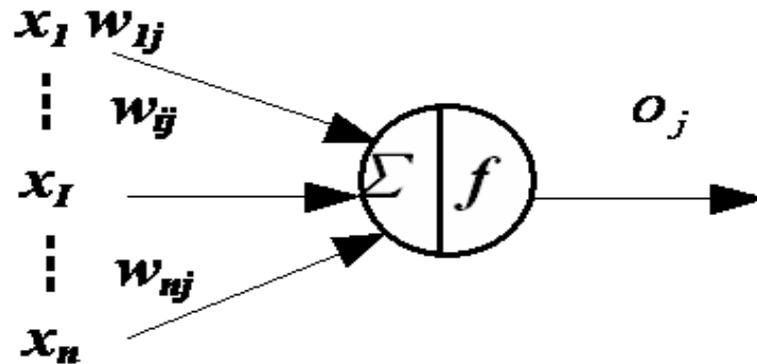
空间整合特性和阈值特性



(c)输入加权求和

作为ANN的基本处理单元，必须对全部输入信号进行整合，以确定各类输入的作用总效果，图(c)表示组合输入信号的“总和值”，相应于生物神经元的膜电位。神经元激活与否取决于某一阈值电平，即只有当其输入总和超过阈值时，神经元才被激活而发放脉冲，否则神经元不会产生输出信号。

神经元的输出

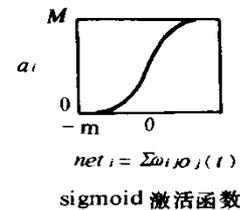
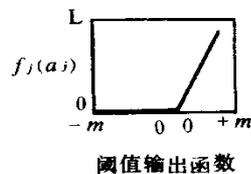
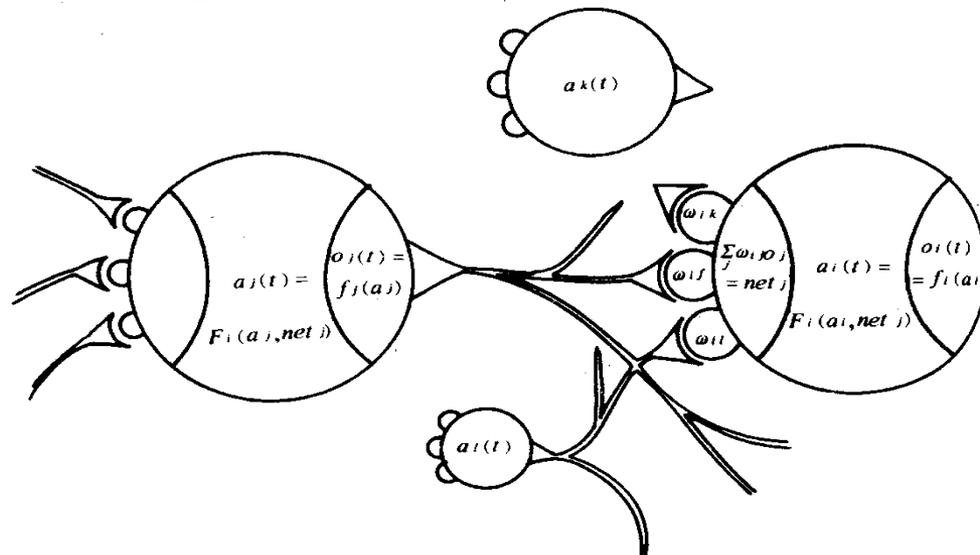


(d)输入-输出函数

图(d) 人工神经元的输出也同生物神经元一样仅有一个，如用 o_j 表示神经元输出，则输出与输入之间的对应关系可用图(d)中的某种非线性函数来表示，这种函数一般都是非线性的。

并行分布式理论框架

1986年，美国加州大学圣地亚哥分校 (UCSD) Rumelhart, McClelland, Hinton: **Parallel and Distributed Processing**, MIT Press, Cambridge



内容提要

- 概述
- 逻辑
- 产生式系统
- 框架
- 案例
- 本体
- 联结
- 图式

图式

- 图式（schema）实质上是一种心理结构，是能帮助人们知觉、组织、获得和利用信息的认知结构。 认知心理学家认为，人们在认知过程中通过对同一类客体或活动的基本结构的信息进行抽象概括，在大脑中形成的框图便是图式。皮亚杰（Piaget J）、鲁梅尔哈特等人认为图式由表示概念要素的若干变量所组成，是一种知识框架及分类系统。

图式

- 当代知名的瑞士心理学家皮亚杰通过实验研究，赋予图式概念新的含义，成为他的认知发展理论的核心概念。他把看作是包括动作结构和运算结构在内的从经验到概念的中介，在皮亚杰看来，图式是主体内部的一种动态的、可变的认知结构。个体所以能对各种刺激作出这样那样的反应，是由于个体具有能够同化这些刺激的某种图式。这种图式在认识过程中发挥着不可替代的重要作用，即能过滤、筛选、整理外界刺激，使之成为有条理的整体性认识，从而建立新的图式。

智力结构

- 皮亚杰提出的智力结构具有三要素：整体性、转换性和自动调节性。
- 结构的整体性指结构具有内部融贯性，各成分在结构中的安排是有机的联系，而不是独立成分的混合，整体和部分都由一个内在规律所决定。一个图式有一个图式的规律，由全部图式所构成的儿童的智力结构并非各个图式的简单相加。

智力结构

- 结构的转换性指结构并不是静止的，而是有一些内在的规律控制着结构的发展，儿童的智力结构，在同化、顺应、平衡化作用下，不断发展，体现了这种转换性。
- 结构的自调性是指结构由于其本身的规律而自行调节，结构内的某一成分的改变必将引起其结构内部其它成分的变化。只有作为一个自动调节的转换系统的整体，才可被称为结构。

图式的发展

- 同化与顺应是皮亚杰用于解释儿童图式的发展或智力发展的两个基本过程。皮亚杰认为“同化就是外界因素整合于一个正在形成或已形成的结构”，也就是把环境因素纳入机体已有的图式或结构之中，以加强和丰富主体的动作。也可以说，同化是通过已有的认知结构获得知识（本质上是旧的观点处理新的情况）。
- 顺应是指“同化性的格式或结构受到它所同化的元素的影响而发生的改变”。也就是改变主体动作以适应客观变化。也可以说改变认知结构以处理新的信息（本质上即改变旧观点以适应新情况）。

思考题

3-1 什么是心理表征？

3-2 用谓词逻辑表示下面的句子：

a) 并不是所有的学生选修了历史和生物。

b) 历史考试中只有一个学生不及格。

c) 只有一个学生历史和生物考试都不及格。

d) 历史考试的最高分比生物考试的最高分要高。

3-3 产生式系统中事实和规则怎么表示？用产生式表示法设计一个医学知识库。

思考题

- 3-4 框架表示法有什么特点？试构造一个描述你的卧室的框架系统。
- 3-5 根据你学习的计算机原理，构建一个记忆网。
- 3-6 基于本体，构建一个新冠病毒知识图谱。
- 3-7 联结方式中神经元表征的主要参数是什么？
- 3-8 什么是图式？图式进化的机制是什么？

Thank You

