

Lógica de Predicados

La principal debilidad de la lógica proposicional es su limitada habilidad para expresar conocimiento. Existen varias sentencias complejas que pierden mucho de su significado cuando se las representa en lógica proposicional. Por esto se desarrolló una forma lógica más general, capaz de representar todos los detalles expresados en las sentencias, esta es la ***lógica de predicados***.

La lógica de predicados está basada en la idea de las sentencias realmente expresan relaciones entre objetos, así como también cualidades y atributos de tales objetos. Los objetos pueden ser personas, objetos físicos, o conceptos. Tales *cualidades, relaciones* o *atributos*, se denominan ***predicados***. Los *objetos* se conocen como ***argumentos*** o ***términos*** del predicado.

Al igual que las proposiciones, los predicados tienen un valor de veracidad, pero a diferencia de las proposiciones, su valor de veracidad, depende de sus términos. Es decir, un predicado puede ser verdadero para un conjunto de términos, pero falso para otro.

Por ejemplo, el siguiente predicado es verdadero:

color (yerba, verde)

el mismo predicado, pero con diferentes argumentos, puede no ser verdadero:

color (yerba, azul) o color (cielo, verde)

Los predicados también pueden ser utilizados para asignar una cualidad abstracta a sus términos, o para representar acciones o relaciones de acción entre dos objetos. Por ejemplo:

mortal(juan_carlos)	clima(martes, lluvioso)	ave(gaviota)	ama(roberto, vanessa)	lee(alex, novela)	mordio(boby, cartero)
---------------------	-------------------------	--------------	-----------------------	-------------------	-----------------------

Al construir los predicados se asume que su veracidad está basada en su relación con el mundo real. Naturalmente, siendo prácticos, trataremos que los predicados que definimos estén de acuerdo con el mundo que conocemos, pero no es absolutamente necesario que así lo hagamos. En lógica de predicados el establecer como verdadero un predicado es suficiente para que así sea considerado. Demos el siguiente ejemplo, que indica que Ecuador está en Europa:

parte_de(ecuador, europa)

Obviamente, esto no es verdadero en el mundo real, pero la lógica de predicados no tiene razón de saber geografía y si el predicado es dado como verdadero, entonces es considerado como lógicamente verdadero. Tales predicados, establecidos y asumidos como lógicamente verdaderos se denominan ***axiomas***, y no requieren de justificación para establecer su verdad.

La lógica de predicados, se ocupa únicamente de métodos de argumentación sólidos. Tales argumentaciones se denominan ***Reglas de Inferencia***. Si se da un conjunto de axiomas que son aceptados como verdaderos, las reglas de inferencia garantizan que sólo serán derivadas consecuencias verdaderas.

Tanto los conectivos lógicos, como los operadores dados anteriormente para la lógica proposicional, son igualmente válidos en lógica de predicados. De hecho, la lógica proposicional es un subconjunto de la lógica de predicados.

Cada uno de los argumentos en los ejemplos de predicados dados anteriormente, representan a un objeto específico. Tales argumentos se denominan *constantes*. Sin embargo, en la lógica de predicados se pueden tener argumentos que en determinado momento pueden ser desconocidos. Estos son los argumentos tipo *variable*.

En el ejemplo: *color (yerba, X)*, la variable *X*, puede tomar el valor de *verde*, haciendo que el predicado sea verdadero; o puede tomar el valor de *azul*, dando lugar a que el predicado sea falso.

Las variables, también pueden ser cuantificadas. Los cuantificadores que típicamente se utilizan en lógica de predicados son:

- El cuantificador universal; \forall indica que la fórmula bien formada, dentro de su alcance, es verdadera para todos los valores posibles de la variable que es cuantificada. Por ejemplo:

$$\forall X \dots$$

Establece que "para todo X, es verdad que . . . "

- El cuantificador existencial; \exists , indica que la fórmula bien formada, dentro de su alcance, es verdadera para algún valor o valores dentro del dominio. Por ejemplo:

$$\exists X \dots$$

Establece que "existe un X, tal que . . . "

A continuación se dan algunos ejemplos de predicados cuantificados:

$$\forall X, [\text{niño}(X) \Rightarrow \text{le_gusta}(X, \text{helados})].$$

$$\forall Y, [\text{mamífero}(Y) \Rightarrow \text{nace}(Y, \text{vivo})].$$

$$\exists Z, [\text{cartero}(Z) \wedge \text{mordió}(\text{boby}, Z)].$$

Desde el punto vista de representación, los cuantificadores son difíciles de usar. Por lo que es deseable reemplazarlos con alguna representación equivalente, más fácil de manipular. El caso del cuantificador universal es más simple ya que se asume a todas las variables como universalmente cuantificadas.

El cuantificador existencial es más difícil de reemplazar. El cuantificador existencial garantiza la existencia de uno o más valores particulares (*instancias*) de la variable cuantificada, que hace a la cláusula verdadera. Si se asume que existe una función capaz de determinar los valores de la variable que hace la cláusula verdadera, entonces simplemente se remueve el cuantificador existencial y se reemplaza las variables por la función que retorna dichos valores. Para la resolución de problemas reales, esta función, llamada **función de Skolem**, debe ser conocida y definida.

Unificación

Cuando se tienen sentencias compuestas por predicados y conectivos lógicos, se debe evaluar la veracidad de cada uno de sus componentes para determinar si toda la sentencia es

verdadera o falsa. Para ello, se busca en el conjunto de axiomas la forma de establecer la veracidad de los predicados componentes. Un predicado componente se dice que es verdadero si se identifica con un axioma de la base de información. En la lógica de predicados, este proceso es algo complicado ya que las sentencias pueden tener términos variables. A los predicados que tienen variables por argumentos, se los denomina **patrones**.

La **unificación** es el proceso de computar las sustituciones apropiadas que permitan determinar si dos expresiones lógicas, ya sean predicados o patrones, coinciden.


El proceso de unificación involucra los siguientes pasos:

- Todo predicado que no contenga variables en sus argumentos, deben tener un axioma que se identifique totalmente, para considerarlo como verdadero.
- Si un predicado contiene una variable, esta debe ser asociada a un valor determinado. Esta asociación se realiza buscando en la base de axiomas y seleccionando todos aquellos que se identifican con el patrón en todo, excepto por la variable. La variable es asociada con el valor en la posición correspondiente del axioma. Si más de un axioma se identifica con el predicado dado, todos los valores asociados son considerados y son tratados separadamente.
- El proceso de identificación continua asumiendo que el valor de la variable es el valor asociado, en cualquier lugar que esta aparezca.
- Los conectivos lógicos son aplicados a todos los predicados, para determinar la veracidad de la sentencia dada.

Inferencia y Razonamiento

Inferir es concluir o decidir a partir de algo conocido o asumido; llegar a una conclusión. A su vez, razonar es pensar coherente y lógicamente; establecer inferencias o conclusiones a partir de hechos conocidos o asumidos.

El proceso de razonamiento, por lo tanto, involucra la realización de inferencias, a partir de hechos conocidos. Realizar inferencias significa derivar nuevos hechos a partir de un conjunto de hechos conocidos como verdaderos. La lógica de predicados proporciona un grupo de reglas sólidas, con las cuales se pueden realizar inferencias. Las principales **Reglas de Inferencia** son:

 **Modus ponens.**- Es la más importante, en los sistemas basados en conocimiento. Establece que:


Si las sentencias p y $(p \rightarrow q)$ se conocen que son verdaderas,

entonces se puede inferir que q también es verdadera.

 **Modus tolens.**- Esta regla establece que:

Si la sentencia $(p \rightarrow q)$ es verdadera y q es falsa,


entonces se puede inferir que p también es falsa.

 **Resolución.**- Utiliza refutación para comprobar una determinada sentencia. La refutación intenta crear una contradicción con la negación de la sentencia original, demostrando, por lo tanto, que la sentencia original es verdadera. La resolución es una técnica poderosa para probar teoremas en lógica y constituye la técnica básica de inferencia en **PROLOG**, un lenguaje que manipula en forma computacional la lógica de predicados. La regla de resolución, establece que:

Si $(A \vee B)$ es verdadero y $(\sim B \vee C)$ es verdadero,


entonces $(A \vee C)$ también es verdadero.

En lógica de predicados, existen tres métodos básicos de razonamiento: deductivo, abductivo e inductivo.

 **Deducción.**- Es el razonamiento a partir de un principio conocido hacia un desconocido; de lo general, a lo específico, o de la premisa a la conclusión lógica. La deducción realiza inferencias lógicamente correctas. Esto significa que la deducción a partir de premisas verdaderas, garantiza el resultado de conclusiones también verdaderas.

La deducción es el método más ampliamente comprendido, aceptado y reconocido de los tres indicados. Es la base tanto de la lógica proposicional, como de la lógica de predicados. A manera de ejemplo, el método deductivo, se puede expresar, utilizando lógica de predicados, como sigue:


$$\forall A, \forall B, \forall C, [mayor(A, B) \wedge mayor(B, C) \rightarrow mayor(A, C)]$$

 **Abducción.**- Es un método de razonamiento comúnmente utilizado para generar explicaciones. A diferencia de la inducción, la abducción no garantiza que se puedan lograr conclusiones verdaderas, por lo tanto no es un método sólido de inferencia. La forma que tiene la abducción es la siguiente:

Si la sentencia $(A \rightarrow B)$ es verdadera y B es verdadera,

entonces A es posiblemente verdadera.

En abducción, se empieza por una conclusión y se procede a derivar las condiciones que podrían hacer a esta conclusión válida. En otras palabras, se trata de encontrar una *explicación* para la conclusión.

 **Inducción.**- Se define como el razonamiento a partir de hechos particulares o casos individuales, para llegar a una conclusión general. El método inductivo es la base de la investigación científica. La forma más común del método inductivo es la siguiente:

Si se conoce que $P(a), P(b), \dots, P(n)$ son verdaderos,

entonces se puede concluir que $\forall X, P(X)$ es también verdadero.


La inducción es una forma de inferencia muy importante ya que el aprendizaje, la adquisición de conocimiento y el descubrimiento están basados en ella. Al igual que la abducción, la inducción no es un método sólido de inferencia.


El razonamiento deductivo es una forma **monotónica** de razonar que produce argumentos que preservan la verdad. En un sistema monotónico todos los axiomas utilizados se conocen como verdaderos por sus propios méritos, o pueden ser derivados de otros hechos conocidos como verdaderos. Los axiomas no pueden cambiar, ya que una vez que se los conoce como verdaderos, siempre permanecen así y no pueden ser modificados o retractados. Esto significa que en el razonamiento monotónico el conjunto de axiomas continuamente crece en tamaño.


Otro aspecto del razonamiento monotónico es que si más de una inferencia lógica puede ser hecha a un tiempo específico y una de ellas se realiza, las inferencias que quedan serán todavía aplicables después que dicha inferencia haya sido hecha.

Ventajas y desventajas de la Lógica de Predicados

A continuación se presentan algunos aspectos característicos de la lógica de predicados y su implementación computacional, el lenguaje de programación PROLOG:

 **Manejo de incertidumbre.**- Una de las mayores desventajas de la lógica de predicados es que sólo dispone de dos niveles de veracidad: verdadero y falso. Esto se debe a que la deducción siempre garantiza que la inferencia es absolutamente verdadera. Sin embargo, en la vida real no todo es blanco y negro. En cierta forma el PROLOG ha logrado mitigar esta desventaja, permitiendo la inclusión de factores de certeza.

 **Razonamiento monotónico.**- La lógica de predicados al ser un formalismo de razonamiento monotónico, no resulta muy adecuada para ciertos dominios del mundo real, en los cuales las verdades pueden cambiar con el paso del tiempo. El PROLOG compensa esta deficiencia, proporcionando un mecanismo para remover los hechos de la base de datos. Por ejemplo, en TURBO PROLOG se tiene la cláusula **retractall**.

 **Programación declarativa.**- La lógica de predicados, tal como está diseñada en PROLOG, es un lenguaje de programación declarativo, en donde el programador sólo necesita preocuparse del conocimiento expresado en términos del operador de implicación y los axiomas. El mecanismo deductivo de la lógica de predicados llega a una respuesta (si esto es factible), utilizando un proceso exhaustivo de unificación y búsqueda. A pesar que la búsqueda exhaustiva puede ser apropiada en muchos problemas, también puede introducir ineficiencias durante la ejecución. Para lograr un cierto control en el proceso de búsqueda, PROLOG ofrece la operación de corte, CUT. Cuando no se utiliza el CUT, PROLOG se convierte en un lenguaje puramente declarativo

http://www.monografias.com/trabajos/iartificial/pagina4_2.htm