

Dimensiones, indicadores e índices para el aprendizaje de la herencia en POO

Isidoro Hernán Losada

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I,
Universidad Rey Juan Carlos,
C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid
isidoro.hernan@urjc.es

Resumen. ¿Cómo podemos medir lo que un alumno ha aprendido o conoce sobre la herencia en POO? En este artículo se esboza un posible método para desgranar el concepto en estudio, de forma que podamos dividirlo en las distintas dimensiones, o lo que es lo mismo distinguir diferentes aspectos del mismo. Cada dimensión tendrá asociados una serie de indicadores para medirla. A su vez, las medidas de los indicadores se pueden agrupar adecuadamente para darnos un índice (lo que el alumno sabe). También se hace un estudio sobre la relación de este método con la taxonomía de Bloom.

Palabras clave: Programación Orientada a Objetos, Herencia, Taxonomía de Bloom, investigación social.

1 Introducción

La evaluación en el contexto de la educación es el proceso de caracterizar lo que el alumno sabe o conoce. Las razones para realizar estas evaluaciones son muy variadas, y van desde la necesidad de conocer informalmente el progreso del aprendizaje del alumno en un curso a la necesidad de caracterizar el grado de experiencia del discente en una materia para ponerle una nota.

Cuando un investigador o un profesor se propone realizar un estudio o una evaluación sobre la eficacia educativa de una metodología o de una herramienta informática para la educación, lo primero que se plantea es el diseño del experimento. Una vez decidido por el método a emplear (incremental si se contrastan los conocimientos adquiridos antes y después de recibir una lección o de usar una herramienta pedagógica y final si se mide el nivel de conocimiento actual) el paso siguiente es la preparación de las cuestiones a las que se someterá al alumno para calibrar el grado de aprendizaje del mismo. Esta etapa es crucial para la obtención de datos indicativos del nivel del discente. Si se diseñan mal las

preguntas se obtendrán resultados erróneos y/o poco significativos. Si, por el contrario, se consiguen unas cuestiones relacionadas con lo que se intenta medir, se podrán obtener conclusiones correctas, aunque no sean las esperadas.

En este artículo se pretende dar un ejemplo de cómo diseñar correctamente preguntas para obtener el nivel del alumno. En concreto se realizarán preguntas centradas en el aprendizaje del concepto de herencia simple en programación orientada objetos usando el lenguaje Java para implementar dicho concepto. En la segunda sección se explica la taxonomía de Bloom como marco para medir el grado de aprendizaje. Para conseguir el objetivo marcado, en la tercera sección se introduce el método tomado de la investigación social [8] para descomponer un concepto general en sus dimensiones, variables e indicadores. En la cuarta sección se aplica este método a un ejemplo concreto, al concepto de herencia, desgranándolo en todas sus dimensiones. En la quinta se hacen unas reflexiones sobre la relación del método con la taxonomía de Bloom, y en la última sección se dan las conclusiones y trabajos futuros.

2 Taxonomía de Bloom

La educación debe estructurarse en torno a cuatro aprendizajes fundamentales que serán los pilares del conocimiento de cada individuo. El primero es aprender a conocer (dominio cognitivo), el segundo, aprender a hacer (dominio psicomotor), el tercero es aprender a vivir juntos (dominio relacional/social) y el cuarto es aprender a ser (dominio actitudinal).

Si nos centramos en la enseñanza de la programación orientada a objetos, el factor más importante es el cognitivo. El trabajo en este dominio empezó en 1948 y se terminó en 1956. El resultado se publicó en un libro donde se define una taxonomía del aprendizaje conocida comúnmente como taxonomía de Bloom [2]. Dicho estudio establece una jerarquía de seis niveles con grado creciente de aprendizaje del alumno (ver tabla 1). Cada nivel presupone la capacitación del alumno en los niveles precedentes. Según ascendemos por la jerarquía nos encontramos un mayor grado de aprendizaje [6].

Se ha demostrado la bondad de esta taxonomía salvo en los dos últimos niveles. Se debate si la síntesis es más compleja que la evaluación o viceversa, o si están al mismo nivel y se diferencian en los procesos cognitivos usados. Algunos investigadores reducen esta jerarquía a cuatro niveles: conocimiento, comprensión, aplicación y el cuarto y último de pensamiento crítico o de resolución de problemas que engloba análisis, síntesis y evaluación de Bloom [5]. Se ha aplicado a multitud de disciplinas y materias. En concreto, se ha aplicado al diseño de cursos de programación orientada a objetos [1]

Krathwohl y Anderson revisaron la taxonomía para refinarla y dividirla en dos dimensiones [10]: La dimensión del conocimiento, basada en el nombre de la

Dimensiones, indicadores e índices para el aprendizaje de la herencia en POO 3

materia que se pretende enseñar y la dimensión del proceso cognitivo, fundamentada en el verbo o acción que se quiere conseguir enseñar. Así en esta categoría el primer nivel se renombra y se denomina recordar, y los dos últimos niveles se cambian de orden, pasando a ser el quinto evaluar y el sexto y último crear.

Table 1. Taxonomía de Bloom

Nivel de la taxonomía	Descripción
1 ó de conocimiento (o de recuerdo)	El alumno es capaz de reconocer o recordar información sin que sea necesario ninguna comprensión o razonamiento sobre lo que hay tras dicha información.
2 ó de comprensión.	El alumno es capaz de entender y explicar el significado de la información recibida.
3 ó de aplicación.	El estudiante es capaz de seleccionar y usar datos y métodos para resolver una nueva tarea o un problema.
4 ó de análisis	El alumno es capaz de distinguir, clasificar y relacionar hipótesis y evidencias de la información dada, así como descomponer un problema en sus partes.
5 ó de síntesis.	El estudiante es capaz de generalizar ideas y de integrarlas para resolver o realizar algún problema que es nuevo para él.
6 ó de evaluación	El alumno está capacitado para comparar, criticar y evaluar métodos o soluciones para resolver un problema o para discernir la mejor entre varias soluciones.

3 Dimensiones, indicadores e índices.

Las dimensiones de un concepto son los distintos aspectos en que puede ser considerado un concepto. Las dimensiones que consideremos deben ser mensurables de forma que por medio de medidas (indicadores) de las dimensiones se haga operativo el concepto. Generalmente hay una pérdida de información al descomponer un todo en sus partes y analizar esas partes por separado. Por ello hay que operar de forma que las medidas (indicadores) de las dimensiones reflejen lo más ajustadamente posible el concepto del que partimos [8].

Un indicador es algo que da señal o cuenta de algo concretándolo. Se puede refinar esta definición diciendo que un indicador es la medida estadística de un

concepto o de una dimensión de un concepto o de una parte de aquélla, basado en un análisis teórico previo e integrado en un sistema coherente de medidas semejantes, que sirve para describir el concepto es estudio [3]. Los indicadores deben tener dos propiedades fundamentales: estar relacionados con el concepto o dimensión de que tratan de ser indicación y ser expresión numérica, cuantitativa, de la dimensión que reflejan. Existen distintos tipos de indicadores [4], de los que tomaremos únicamente los descriptivos, que son aquellos que tratan de poner de manifiesto o explicar la posible regularidad existente en un conjunto de datos.

Un índice es una medida obtenida por la agrupación adecuada de varios indicadores. Si los indicadores que se usan pertenecen todos a una misma dimensión, ese índice representará numéricamente la dimensión medida (ver Figura 1, i_1). Pueden existir índice de indicadores de varias dimensiones [8], y este índice representará al conjunto de dimensiones (i_4). Un índice también puede representar al concepto en estudio (i_G). En este artículo se aplican estos conceptos al estudio de la herencia simple en programación orientada a objetos.

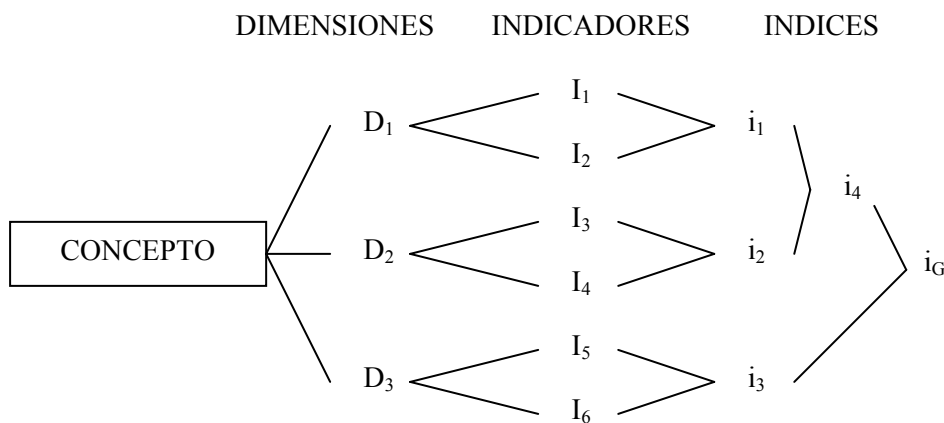


Fig. 1. Dimensiones, indicadores e índices.

4 Aplicación del método al concepto de Herencia Simple

Nuestro interés se centra en poder evaluar el conocimiento del alumno. Si echamos un vistazo a los exámenes de una asignatura de POO, esta evaluación, en la actualidad, se suele hacer de manera vaga. Las cuestiones planteadas al alumno suelen englobar diversos conceptos y diversos métodos que se aplican sobre esos

conceptos. El alumno debe usar todo su conocimiento y su pericia para resolver problemas y por tanto para superar el examen con éxito. Para intentar evitar que el discente falle la resolución de un problema por el desconocimiento de una parte de él, proponemos la división de los conceptos en sus dimensiones. De esta forma, un alumno podrá conocer que es en lo que realmente anda flojo y el profesor podrá valorar, de una manera más objetiva, el conocimiento global del alumno. En concreto, vamos a ejemplificar este método con el concepto de herencia simple.

4.1 Dimensiones

La herencia en programación orientada objetos se puede dividir en dos dimensiones:

- El conocimiento del concepto (D₁)
- El uso de la herencia en POO: (D₂)
 - En el diseño de clases con herencia (D₂₁)
 - En la implementación de la herencia (D₂₂)

Podemos refinar a su vez D₂ en dos facetas o subdimensiones: (D₂₁) el diseño de clases con herencia y (D₂₂) su implementación en un lenguaje concreto.

4.2 Indicadores

Construir indicadores no es sencillo. Hay que tener en cuenta que precisa un trabajo previo de diseñar lo que vamos a investigar, de extraer sus características y sus problemas. Esto nos dará un boceto inicial que se refina con la experiencia.

Los indicadores, tras un estudio del concepto de herencia y de la experiencia docente como profesor de la asignatura Programación Orientada a Objetos, para cada una de las dimensiones propuestas son:

Conocimiento del concepto D₁

Como indicadores del conocimiento del concepto propondremos:

- Grado de recuerdo del concepto de Herencia. (I₁)
- Grado de comprensión del concepto y sus implicaciones. (I₂)

Uso del concepto D₂

Diseño de clases con herencia D₂₁

Indicador de como el alumno es capaz de aplicar el conocimiento de la herencia, para realizar un diseño puede ser:

Medida del uso correcto de la herencia en el diseño (I₃)

Implementación de clases con herencia (con un lenguaje de POO) D₂₂

El indicador de cómo el discente es capaz de usar el conocimiento de la herencia para resolver un problema mediante un programa puede ser:

Medida de la utilización de instrucciones y mecanismos de la herencia en un lenguaje concreto. (I₄)

4.2.1 Ejemplos

Las preguntas para el indicador (I₁) del grado de recuerdo del concepto de herencia deben ser tipo test o preguntas semiabiertas (con respuestas muy acotadas), formuladas de manera similar a como se presenta el concepto con la metodología impartida o en la herramienta utilizada. Estas preguntas han de ser puntuadas para obtener un valor numérico. Un ejemplo de pregunta para este indicador es:

Ejemplo (I₁):

Si B hereda de A entonces B incorpora la estructura (atributos) y comportamiento (métodos) de la clase A es FALSO que B pueda:

- a) añadir nuevos atributos
- b) redefinir métodos
- c) añadir nuevos métodos
- d) eliminar atributos.

Para el indicador (I₂) del grado de comprensión de la herencia en POO, se deben plantear preguntas que el alumno pueda responder razonando sobre la información recibida. En este caso las preguntas pueden ser tipo test o preguntas semiabiertas. El número y el contenido de las preguntas deben ser tal que permitan al investigador o al profesor tener la suficiente confianza en que el alumno que obtenga una puntuación media alta comprende lo que es y como funciona la herencia. Bajo nuestro punto de vista, los contenidos a cubrir en estas preguntas deberían ser:

- Necesidad de la herencia. Hacer ver que las clases no son suficientes para conseguir reutilización y extensibilidad.

Dimensiones, indicadores e índices para el aprendizaje de la herencia en POO 7

- Relaciones entre clases: extensión, especialización y combinación.
- Herencia como solución a: representar esas relaciones y posibilitar la creación de una clase a partir de otra.
- Consecuencias de la herencia: incorporación de atributos y métodos de la clase padre, sustitución de objetos de subclases.
- Posibilidades de la herencia: adicionar nuevos atributos y métodos, redefinición de métodos (refinando o reemplazando).
- Tipos de herencia simple:
 - Especialización (la clase hija es un subtipo de la clase padre)
 - Especificación (La clase padre define comportamientos que son implementados por la clase hija)
 - Construcción (La clase hija usa el comportamiento proporcionado por la clase padre pero no es un subtipo de ella)
 - Extensión (La clase hija añade nuevas funcionalidades a la clase padre, pero sin cambiar el comportamiento heredado)
 - Limitación (La clase hija restringe el uso de algún comportamiento de la clase padre)

Un ejemplo de pregunta para este indicador es:

Ejemplo (I₂):

Si un Rectángulo es un tipo especial de Polígono, el tipo de herencia que usaríamos para diseñar la clase Rectángulo a partir de la clase Polígono será:

- a) Herencia por construcción
- b) Herencia por especialización
- c) Herencia por especificación
- d) Herencia por limitación

El indicador (I₃) de la medida del uso correcto de la herencia en el diseño podemos obtenerlo generando preguntas donde el alumno se tenga que enfrentar al diseño de una aplicación nueva, sin referencias anteriores. Para detectar la herencia durante el diseño, el discente debe ser capaz de extraer información del enunciado y ver si existen clases con comportamientos comunes (generalización) o si una clase es un caso especial de otra (especialización). Un ejemplo de pregunta en este indicador es:

Ejemplo (I₃):

Sean los tres siguientes conceptos geométricos:

Línea recta (infinita en ambas direcciones)

Rayo (sale de un punto fijo y es infinito en una dirección)

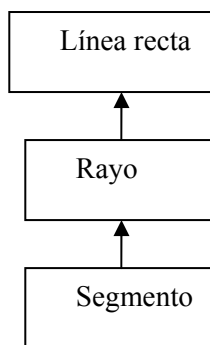
Segmento (es una porción de una línea con dos puntos finales fijos)

¿Cómo podría representar esos tres conceptos en una jerarquía de herencia?

El indicador (I₄) de medida de la utilización de instrucciones y mecanismos de la herencia en un lenguaje concreto, debe dar la destreza del alumno en el uso del lenguaje para implementar los distintos tipos de herencia. Para ello, las preguntas de este indicador deben estar orientadas a la escritura de un programa (o fragmento) con un lenguaje de programación particular.

Ejemplo (I₄):

Dada la siguiente jerarquía de herencia:



¿Cómo podría implementar en JAVA estas tres clases, sabiendo que una línea recta se puede identificar por dos puntos que atraviesa, un rayo es una recta con un punto inicial (o final) y un segmento es una recta limitada por dos puntos (inicial y final)?

4.3 Índices

En primer lugar vamos a fijar un índice para cada indicador. El índice (i_1) para el indicador (I₁) puede ser calculado de la siguiente forma:

- Si las preguntas son tipo test con cuatro opciones, de las cuales solo una es correcta, se calcula sumando a para las respuestas acertadas, restando b para las falladas y cero para las no contestadas. En general, el índice (i_1) se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$i_1, i_2 = \frac{a * n - m * b}{t} \quad (i_1)$$

(i₂)

Siendo n el número de respuestas acertadas y m el número de respuestas falladas y t el número de preguntas.

- Si las preguntas son semiabiertas, la puntuación dependerá del criterio del profesor, pudiendo obtenerse un índice similar al anterior

Este índice (i_1) caracterizará el grado de recuerdo del concepto de herencia que el alumno posee.

Para el índice (i_2) se puede hacer un análisis similar al anterior, caracterizando de nuevo la dimensión que representa el indicador (I_2).

Uniendo ambos índices podemos formar el índice (i_{1_2}) para sacar conclusiones sobre la dimensión D_1 . Este índice se puede definir como la media de los índices i_1 e i_2 . Por lo tanto, tendremos un valor indicativo de esta dimensión.

$$i_{1_2} = \frac{i_1 + i_2}{2} \quad (i_{1_2})$$

Análogos razonamientos se pueden hacer para los índices (i_3, i_4). En ambos casos se puede puntuar cada respuesta de forma que se admitan cinco posibles valores (por ejemplo: perfecto, bien, regular, bastantes fallos, mal), asignando un peso a cada categoría (por ejemplo: perfecto = 4, bien = 3, regular = 2, bastantes fallos = 1, mal = 0). En este caso, los índices se podrían calcular con la fórmula:

$$i_3, i_4 = \frac{v_1 * p_1 + v_2 * p_2 + v_3 * p_3 + v_4 * p_4 + v_5 * p_5}{t} \quad (i_3, i_4)$$

Siendo v_1 el número de respuestas perfectas, v_2 el número de respuestas bien, v_3 el número de respuestas regulares, v_4 el número de respuestas con bastantes fallos, v_5 el número de respuestas mal contestadas, p_i el peso de cada categoría y t el número de preguntas.

El índice (i_{3_4}) construido como la media aritmética de i_3 e i_4 caracterizará la dimensión del uso de la herencia es sus dos vertientes (diseño e implementación).

5 Reflexiones y experiencias

Observando las dimensiones obtenidas usando el método de investigación social, se puede ver cierto paralelismo con los niveles de la jerarquía de Bloom. La

dimensión D_1 (conocimiento del concepto) junto con sus indicadores se pueden asociar a los dos primeros niveles de Bloom (recuerdo y comprensión). La dimensión D_2 (uso del concepto) se puede asociar a los dos niveles siguientes (aplicación y análisis). Debido a esta relación se puede intentar sacar un índice general (i_G) que sea la media de i_{1_2} e i_{3_4} .

$$i_G = \frac{i_{1_2} + i_{3_4}}{2} \quad (i_G)(1)$$

Con este índice obtendríamos teóricamente el grado de sabiduría del alumno respecto del concepto de herencia (en cuanto a su conocimiento y a su uso). Una forma de lograr interpretar dicho valor (i_G) podría ser: Primero, restamos el mayor y el menor grado posible para obtener el intervalo. Segundo, ese intervalo se divide en cuatro fragmentos (no tienen porqué ser iguales). Un valor dentro del fragmento menor correspondería a un alumno con poco grado de conocimiento y un valor dentro del intervalo mayor correspondería a un alumno con un alto grado de conocimiento del concepto de herencia.

i_G	bajo	medio	bueno	alto
	mínimo			máximo

Pero aquí surge nuestra duda: ¿se puede usar ese índice para medir el grado de conocimiento según la taxonomía de Bloom? O formulada desde otra perspectiva ¿el alumno que obtenga un mayor índice general (i_G) se encuentra en un nivel más alto de la taxonomía de Bloom? Nuestra experiencia dice que no. En nuestros experimentos con la enseñanza de la programación orientada a objetos, en concreto con la enseñanza de la herencia [9], hemos encontrado a alumnos que son capaces de (intuitivamente) resolver problemas del nivel de aplicación en la taxonomía de Bloom teniendo bajo porcentaje de aciertos en las preguntas de los niveles inferiores. O al contrario no es difícil pensar en un alumno que haya estudiado y aprendido los conceptos de memoria y que comprenda las distintas relaciones que pueden dar lugar a la herencia simple, y que obtenga una puntuación del índice general mayor que otro alumno que sepa medianamente aplicar e implementar esas relaciones pero no recuerde el nombre de dichas relaciones y por tanto, obtenga un valor menor de dicho índice.

La contradicción encontrada puede dar lugar a reformular el cálculo del índice general, añadiendo pesos p_{1_2} e p_{3_4} a cada índice i_{1_2} e i_{3_4} de forma que el índice i_{1_2} tenga menos peso que el índice i_{3_4} . De esta manera podemos compensar los casos presentados en el párrafo anterior.

$$i_G = \frac{i_{1_2} * p_{1_2} + i_{3_4} * p_{3_4}}{2} \quad (i_G)(2)$$

6 Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se ha presentado un nuevo método, obtenido de la investigación social, para determinar el grado de conocimiento de un alumno respecto al concepto en estudio. Se ha ejemplificado con la descomposición del concepto de herencia en dimensiones, se han obtenido sus indicadores y los índices para medir cada aspecto. También se ha deducido y refinado un índice general, que da una idea del nivel de la taxonomía de Bloom que alcanza un alumno. La taxonomía de Bloom del aprendizaje ha demostrado su validez y sus problemas para aplicarla [7] en multitud de estudios, por lo que se convierte en un buen marco para evaluar.

Como trabajo futuro queda la evaluación del método en un experimento con alumnos de la asignatura de Programación Orientada a Objetos de segundo curso de Ingeniería Informática.

Referencias

1. Bennedsen, J.; Caspersen, M.: Teaching object-oriented programming: Toward teaching a systematic programming process. In Proceedings of the 18th European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP'04) . 2004.
2. Bloom, B; Furst, E.; Hill, W.; and Krathwohl, D.R.: Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I, The Cognitive Domain, Addison-Wesley, 1956.
3. Carmona Guillén, J.L.: Los indicadores sociales hoy, Ed Cis, Madrid 1977
4. De Miguel, A.: Tres estudios para un sistema de indicadores sociales (Estudio primero), Fundación Foessa, Madrid Ed Euramérica 1967.
5. Doménech Betoret, F.; García Bacete, F. J. (1999). Guía didáctica del profesor universitario. <http://sic.uji.es/cursos/use/virtual/index.htm> (consultado en Febrero 2003).
6. Eisner, E. W. :Benjamin Bloom. Perspectivas: Revista Trimestral de Educación Comparada, XXX(3), 423-432, 2000.
7. Fuller, U.; Johnson, C.G.; Ahoniemi T.; Cukierman D.; Hernán Losada I.; Jackova J.; Lahtien E.; Lewis T.L.; McGee Thompson D.; Riedesel C.; Thompson E.: Developing a Computer Science-specific Learning Taxonomy. ACM SIGCSE Bulletin 34(4), pp 152, 170, ACM Press, New York, 2007
8. García Ferrando, M.: El análisis de la realidad social métodos y técnicas de investigación. Ed. Alianza 2003.
9. Hernan-Losada, I.; Lázaro-Carrascosa C.A.; Velázquez-Iturbide, J.A.: An educative application based on Bloom's taxonomy for the learning of inheritance in oriented-

object programming. In *Computers and Education: Toward educational change and innovation*. Ed. Springer 2008.

10. Krathwohl D.R. : A revision of Bloom's taxonomy: An overview. En *Theory into practice*, Volume 41, Number 4, Autumn 2002. College of education. The Ohio State University.