

Hacia la profesionalización de la Inteligencia Artificial

Beatriz López

Departament d'Enginyeria Informàtica
ETSE, Universitat Rovira i Virgili
Ctra. Salou, s/n. 43006 Tarragona
blopez@etse.urv.es

Resumen

Un análisis de las asignaturas de Inteligencia Artificial surgidas en las diferentes universidades catalanas nos ofrece una perspectiva de la madurez de esta disciplina. Sin embargo es necesario integrar estas nuevas asignaturas para evitar repeticiones y oclusiones de contenidos. En esta ponencia se explica como la elaboración de un currículum y el asesoramiento de un tutor resulta fundamental para obtener profesionales adecuadamente preparados para la práctica de la IA de acuerdo con el perfil establecido por cada universidad. Los trabajos realizados en la URV para elaborar el programa docente de la asignatura Planificación y Control son un ejemplo en esta dirección.

1. Introducción

La madurez de la Inteligencia Artificial (IA) ha conducido a la independización de materias que anteriormente se estudiaban en asignaturas de carácter general como, *Introducción a la Inteligencia Artificial* o *Inteligencia Artificial*. La decisión de un departamento de ofrecer una asignatura nueva depende del entorno laboral de la universidad, pues de esta manera se favorecen las salidas profesionales de sus estudiantes. Por ejemplo, la asignatura *Planificación y Control* de los estudios de Ingeniería Informática de la Universidad Rovira i Virgili (URV) ha surgido como consecuencia de los requerimientos del perfil curricular de la enseñanza, que está orientada a la informática industrial dadas las características del entorno. Sin embargo, los trabajos de investigación de los profesores son también un factor a tener en cuenta en la creación de nuevas asignaturas, ya que de esta manera los docentes dominan la materia a impartir y obtienen estudiantes candidatos a

incorporarse en sus grupos de investigación. Tenemos ejemplos en las asignaturas de *Lenguaje Natural* en la Universidad de Lleida (UdL), *Razonamiento* en la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), o *Planificación y Control* en la URV.

Este fenómeno de creación de nuevas asignaturas no es un hecho aislado, sino que también ocurre en otras áreas como: Visión, Robótica, Sistemas de Información, Bases de Datos, etc., donde los temas de investigación coinciden a menudo con los propios de la IA. Como resultado se obtienen asignaturas con materias similares. Entender cuál debe de ser la relación entre estas asignaturas nuevas, así como la relación entre las asignaturas nuevas y las de carácter general que ya existen, es el propósito de esta ponencia. Solamente un estudio detallado de estas relaciones nos permitirá la elaboración del currículum adecuado para formar a profesionales en IA.

La organización de esta ponencia es la siguiente. En primer lugar se proporcionan datos sobre las asignaturas actuales de IA que se están cursando en las universidades catalanas. A continuación se define el problema de la duplicidad de materias. En la sección 4 se propone una solución, que se ilustra con un ejemplo en la sección 5. Finalmente se esbozan unas conclusiones.

2. Estudio de la situación actual

En la tabla 1 se muestran las asignaturas con contenidos de IA que actualmente se ofrecen a los estudiantes en las universidades catalanas. En esta tabla se puede observar el elevado índice de optatividad de estas asignaturas. Es interesante tener en cuenta la variedad de departamentos

involucrados en la docencia de estas asignaturas, pues es un factor importante en el momento de

Asignatura	Optat.	Oblig.
(a) Asignaturas primer ciclo.		
Control y planificación en robótica	UdG	
Introd. a la IA	URV UPC UdG UdL ¹	
Introd. a la Lógica	URV UdL ³	UdG UPC UAB ²
Introd. a la Robótica	URV UdL ⁴	
Lenguaje natural	UdL	
Mét.y técnicas de la IA	URV UPC UdL ⁵	
Téc. de aprendizaje automático	UdL	
(b) Asignaturas segundo ciclo.		
Aplicaciones de la IA	UPC	
Aprendizaje	UPC	
Control y planificación en robótica	UPC	
Inteligencia Artificial I		URV UAB UPC ⁶
Inteligencia Artificial II		URV UPC ⁷ UAB UdG ⁸
Lógica de primer orden	UPC	
Razonamiento	UPC	
Robótica	UAB UPC	
Robótica Industrial		URV
Sistemas Expertos	UAB	
Visión por ordenador	URV UPC UdG UAB	

Tabla 1. Asignaturas de Inteligencia Artificial¹. (a) Primer ciclo. (b) Segundo ciclo.

¹Inteligencia Artificial. ²Lógica Computacional.

³Lógica. ⁴Robótica. ⁵Amp. Técnicas de IA.

⁶Introducción a la IA. ⁷Métodos y técnicas de la IA.

⁸IA. Técnicas y métodos

diseñar los programas docentes de cada una de ellas. Por ejemplo *Inteligencia Artificial I* y *II*

¹ La información reflejada en el presente documento es consecuencia de las consultas a las guías docentes (normalmente obtenidas vía Internet). Pueden haber omisiones. Por ejemplo, se han omitido asignaturas de control por su escaso contenido en materias de IA.

están a cargo de las áreas de *Lenguajes y Sistemas Informáticos* o *Ciencias de la Computación y Inteligencia Artificial*; mientras *Robótica Industrial* suele pertenecer al área de *Ingeniería de Sistemas y Automática o Arquitectura y Tecnología de Computadores*.

3. El dilema: definir los contenidos de las asignaturas especializadas de IA

Los programas docentes de cada asignatura tienen un profesor responsable que actúa bajo las directrices del área de conocimientos a la cual pertenece. Cuando las asignaturas son optativas, como la mayoría de las de IA, la libertad de contenidos de estos programas es bastante amplia y depende, en su mayor parte, del enfoque particular que el profesor responsable le quiera otorgar. Pero no se debe olvidar que de ello depende la formación final del estudiante. En particular, las materias de IA cada vez están teniendo un papel más importante en las instalaciones informáticas, por lo que los profesores que imparten materias relacionadas deberían hacer un esfuerzo para coordinar sus programas docentes y, de esta manera, proporcionar una visión completa de la IA a los futuros profesionales.

El problema radica, pues, en definir los contenidos adecuados de estas asignaturas para garantizar que:

- No se repitan contenidos²
- No se produzcan oclusiones de contenidos.

Por un lado, la repetición de contenidos aburre al estudiante, provocando incluso una desmotivación, y consumiendo un tiempo importante que se podría utilizar en la profundización de otros temas de mayor interés. Por otro lado, asumir que ciertos temas se estudian en otras asignaturas significa correr el riesgo de dejar la formación del estudiante incompleta.

En la definición de los contenidos deben tenerse en cuenta dos ámbitos diferentes: 1) la relación entre la asignatura que se está diseñando y otras asignaturas especializadas de diferentes áreas de conocimiento y 2) la relación entre la asignatura y otras asignaturas propias de la IA.

² Deberá existir un solapamiento mínimo para que el estudiante pueda asimilar los conocimientos.

3.1 Asignaturas especializadas relacionadas con IA

Para ilustrar la problemática entre asignaturas especializadas se pueden tomar las asignaturas de *Introducción a la Robótica y Métodos y Técnicas de la IA* (MTIA). Los contenidos de un programa docente de la asignatura de Robótica suelen incluir el tema “Planificación de trayectorias”. Entre las diferentes técnicas de planificación de trayectorias están las propias de IA que se estudian como materia en la asignatura MTIA (o en una asignatura especializada con el mismo nombre en la URV). Consecuentemente, en la asignatura de Robótica se debería estudiar la Planificación como la aplicación de un conjunto de técnicas, algunas de ellas ya introducidas en otra asignatura general de IA. En el curriculum debe figurar claramente que las dos asignaturas se deben cursar paralelamente, o bien en el orden de precedencia: *MTIA* → *Introducción a la Robótica*, o *Planificación* → *Robótica*.

La “planificación de trayectorias” no es el único caso de materia con solapamientos entre asignaturas. En la tabla 2 se muestra cómo el tema Planificación es reiterativo entre asignaturas especializadas en la titulación de Ingeniería Informática en la URV. Las coincidencias, como se pueden observar, son múltiples.

Materias	Asignaturas
Ensamblaje	Planificación y Control Robótica Industrial Control Automático
Planif. de seguimiento	Planificación y Control Visión por Computador
Planif. de tareas	Planificación y Control Robótica Industrial
Planif. de trayectorias	Planificación y Control Robótica industrial
Planif. gruesa de movimientos	Planificación y control Robótica Industrial
Planif. sensorial	Planificación y Control Visión por Computador
Planif. Temporal	Planificación y Control Robótica Industrial Sistemas Informáticos

Tabla 2. La materia Planificación y su perspectiva desde diferentes asignaturas especializadas en la URV.

Se debe tener presente que la optatividad de las asignaturas se produce también entre diferentes estudios (créditos de libre elección), por lo que la problemática se propaga, ya no dentro de un departamento o escuela, sino incluso entre diferentes facultades. Un ejemplo de esta situación se da en las asignaturas de control de los estudios de *Automática e Informática*. Los estudiantes de las dos ingenierías reciben, por ejemplo, materias de control difuso. El impacto en el número de estudiantes de este tipo de interferencias es, sin embargo, mínimo, por lo que es mejor concentrar los esfuerzos de diseño de una asignatura entre asignaturas de una misma carrera.

3.2 Asignaturas propias de IA

La creación de titulaciones de segundo ciclo como continuación de las de primer ciclo genera una situación peculiar debida a la optatividad de las carreras técnicas (ver tabla 1.a). De esta manera estudiantes de diferente formación acceden a unas asignaturas donde:

- (i) No se puede partir de cero, porque muchos estudiantes ya han adquirido los conocimientos fundamentales.
- (ii) Pueden haber estudiantes que no tengan los conocimientos básicos de una determinada materia (ver tabla 3)

Esta situación se hace todavía más evidente en la disciplina de Inteligencia Artificial, que en la mayor parte de los programas docentes se presenta como una colección de asignaturas optativas en los estudios técnicos.

Materias	Asignaturas
Resolución de problemas	Introd. a la IA
Representación de conocimientos	Introd. a la IA
Planificación	Mét. y técnicas de la IA
Sistemas Expertos	Mét. y técnicas de la IA
Razonamiento aproximado	IA I
I.A. Distribuida	IA II
Bases de Datos Deductivas	IA II

Tabla 3. Materias de asignaturas de la Inteligencia Artificial en la URV.

4. Resolviendo el rompecabezas: currículum y tutorías

El establecimiento de un currículum del estudiante, en el cual las asignaturas optativas estén claramente relacionadas en un orden de precedencia (que no siempre será fácil de determinar) resulta fundamental.

Este currículum debe ir acompañado de los programas docentes adecuados para cada asignatura, de manera que se establezca el equilibrio entre la repetición y oclusión de contenidos. Para ello es necesaria la coordinación de los profesores a dos niveles:

1. Entre los responsables de las asignaturas de nueva creación (en el ámbito de un departamento o escuela).
2. Entre los responsables de las asignaturas generales de IA.

En los estudios técnicos, la sincronización puede no resultar fundamental, pues los estudiantes apenas terminan con nociones generales de IA. Sin embargo, en los estudios superiores, esta sincronización resulta fundamental. Afortunadamente, en las titulaciones de segundo ciclo se tiene la ventaja que la IA es una asignatura obligatoria, hecho que se puede utilizar para preparar a los estudiantes en los conceptos básicos que requieren otras asignaturas especializadas. Con ello evitaremos oclusiones, pero no la repetición de materias fundamentales en IA estudiadas en el primer ciclo en asignaturas optativas. Sin embargo esta repetición se puede enfocar como una revisión de los conceptos básicos.

Los ordenes de precedencia entre asignaturas pueden resultar complejos. Sólo se dispone de un número de cursos determinado para realizar los estudios en IA (uno en los de primer ciclo y dos en el segundo), por lo que no se pueden establecer cadenas superiores a uno o dos cursos. Además, cada estudiante sólo puede asimilar un número relativamente reducido de asignaturas por curso, por lo que el número de asignaturas que estudie paralelamente debe ser suficiente para su correcto aprovechamiento. Es en este momento cuando las "tutorías" tienen especial relevancia: el asesoramiento de un profesor conocedor de los intereses del estudiante y de sus habilidades puede resultar clave para su formación y rendimiento.

5. Ejemplo: *Planificación y Control* en la URV

La problemática reflejada en esta ponencia se ha manifestado durante la definición del programa docente de la asignatura *Planificación y Control* (PIC). Esta asignatura optativa responde a las expectativas de un perfil en informática industrial, perfil que se asumió en la URV como consecuencia de su entorno laboral.

La puesta en marcha de PIC para el curso 98-99 ha llevado a la revisión de las asignaturas especializadas ofrecidas a los estudiantes de segundo ciclo, así como de las asignaturas generales de IA, tal y como se muestra a continuación.

5.1 Planificación y control y otras asignaturas especializadas.

PIC es una asignatura de IA cuyo contenido se solapa parcialmente con las siguientes asignaturas (figura 1):

- *Control Automático*: control basado en reglas, control con razonamiento difuso, etc.
- *Sistemas de Información* (SI): planificación temporal de los proyectos (scheduling)
- *Robótica Industrial* (RI): planificación de trayectorias, planificación de movimientos, etc.
- *Visión por Computador* (VC): planificación sensorial, planificación de seguimiento, etc.



Figura 1. La asignatura *Planificación y control* y otras asignaturas relacionadas en el currículum de los estudiantes de Ingeniería Informática en la URV.

En el temario de *Planificación y Control* se ha dado especial interés a la planificación, reduciendo el tiempo de las materias de control que se estudian

en la asignatura *Control Automático* (obligatoria). Consecuentemente de las cinco asignaturas mencionadas en la figura 1, las dos que ofrecen más solapamiento con *Planificación* y *Control* son *Robótica Industrial* y *Sistemas de Información*. Después de estudiar la problemática de sincronización expuesta en este documento a los responsables las tres asignaturas se ha configurado el contenido de *Planificación* y *Control* tal y como se muestra en la figura 2. Con este programa docente se intenta evitar la repetición de materias, aprovechando al máximo el tiempo disponible para cada asignatura.

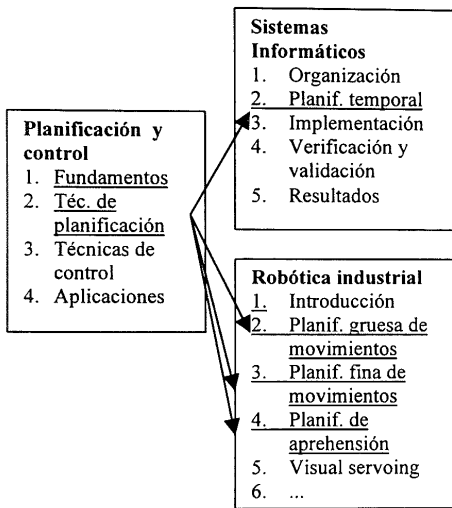


Figura 2. Contenidos de las asignaturas Sistemas Informáticos, Planificación y Control, y Robótica Industrial.

5.2 Planificación y control y las asignaturas básicas de IA

La definición de los contenidos de PIC ha llevado a la revisión de las asignaturas básicas de IA que hasta el momento se impartían en la URV. En este sentido se han recomendado dos cambios:

- (i) *Métodos y Técnicas de IA* (MTIA, ingenierías técnicas, optativa): sustitución de la materia “Planificación” por “Adquisición de Conocimientos”. De esta manera se evitan repeticiones mientras que se incluyen temas que hasta el momento no cubría ninguna otra asignatura.

- (ii) *IA I* (ingeniería superior, obligatoria): reducción del número de horas de “Razonamiento Aproximado”, e inclusión de temas introductorios de “Satisfacción de Restricciones” que permitirán afrontar temas de *scheduling* (técnicas de planificación temporal y recursos consumibles) más rápidamente en la asignatura *Planificación y Control*.

5.3 Relaciones de precedencia

Como consecuencia de los nuevos contenidos de las asignaturas se ha definido la relación de precedencia que se muestra en la figura 3. Al tratarse de una asignatura optativa, PIC no puede ser prescindible para otras asignaturas. Pero en el currículum, y el tutor puede hacer énfasis en ello, se refleja claramente su relación con el resto de asignaturas. La concurrencia de PIC y Robótica Industrial resultan idóneas. El estudio de IA I antes de PIC resulta recomendable, pero estudiantes de cuarto curso que hayan cursado IIA pueden acceder directamente a PIC.

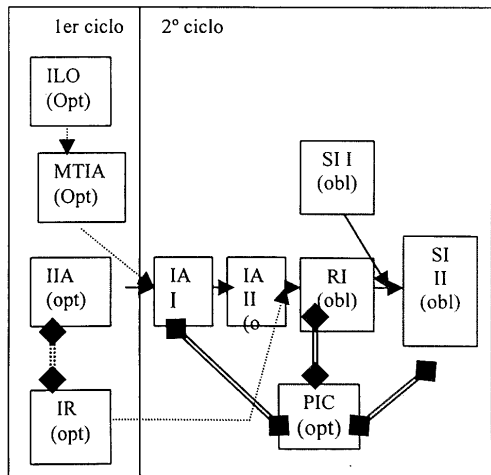


Figura 3. Currículum para una completa formación en “Planificación” y en “Robótica” (PIC). La línea continua indica un requisito. La línea punteada una recomendación. Las líneas paralelas asignaturas que pueden cursarse concurrentemente.

5.4 Caso de estudio de integración: Automatización de un proceso logístico.

Es importante que los estudiantes completen su formación con una visión global de todas las partes que estudian en las diferentes asignaturas de IA, y en general, de toda la informática adecuada al perfil determinado por la universidad. En este sentido se ha propuesto el estudio de la automatización de un proceso logístico como un caso real en el que los estudiantes realicen este trabajo de integración.

En un proceso automático de logística³ se distinguen los siguientes componentes:

1. Sistema de información del producto: para mantener en todo momento la localización y estado de los productos a partir de sus códigos de barras.
2. Sistema de automatización de instalaciones
3. Sistema de control y gestión de la producción en el flujo logístico. El sistema de control incluye desde cámaras de visión para monitorizar el proceso, hasta sensores de control de despacho de mercancías. El sistema de gestión debe reflejar el estado del proceso en todo momento para poder respaldar las decisiones oportunas.
4. Sistema de comunicación (interno y externo).

Para construir cada uno de estos sistemas se requieren diferentes perfiles profesionales:

1. Organizadores: llevan a cabo el estudio logístico.
2. Automáticos: cuyo objetivo es toda la parte de control y automatización.
3. Informáticos: para desarrollar los sistemas de gestión de información, incluyendo la planificación de todo el proceso.
4. Otros: mecánicos, etc.

La complejidad del problema dificulta su resolución completa en la propia universidad, haciendo precisa una visita a una instalación automatizada con el fin de observar el funcionamiento del sistema en su conjunto.

6. Conclusiones.

Un análisis de las asignaturas de Inteligencia Artificial impartidas en las diferentes universidades catalanas nos ofrece una perspectiva de la importancia que la Inteligencia Artificial está tomando en las salidas profesionales y de investigación de los informáticos. La elaboración detallada del currículum de los estudiantes, donde queden establecidas las relaciones de precedencias entre todas las asignaturas de nueva creación y la sincronización de los temarios entre ellas, nos garantizarán la preparación de los estudiantes en la práctica de la IA, de acuerdo al perfil establecido por cada universidad. Los trabajos realizados durante la elaboración de los contenidos de la asignatura *Planificación y Control* (URV) son un ejemplo en esta dirección.

Agradecimientos

El autor quiere agradecer a Miguel Angel García su insaciable sed de discusión amigable y constructiva durante la elaboración de los programas docentes, así como a los miembros del RGAI (Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial).

Referencias

La guía de l'estudiant 1997-1998. Facultat de Ciències. UAB.

Guia docent 96-97. Facultat d'Informàtica de Barcelona, UPC.

Guia docent curs 1997-98. Enginyeria Tècnica Informàtica Gestió, Enginyeria Tècnica Informàtica Sistemes, Enginyeria Informàtica. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, URV.

Pla d'estudis La Salle. <http://www.salleURL.edu/Eng/PlaEstudis/>

Pla d'estudis UdG, <http://www.edg.edu>.

Pla d'estudis UdL, <http://www.eup.udl.es>

³ Esta sección contiene información proveniente de la conferencia llevada a cabo por Javier García Cerrada (Controlmatic, Grupo Siemens) titulada "Automatización y logística en la producción" que tuvo lugar en la ETSE (URV) dentro del ciclo de conferencias patrocinada por la rama de estudiantes del IEEE de Tarragona.