

Sistemas Inteligentes de Ensenianza/Aprendizaje

Ivon Arroyo, Ed.D, M.S.
Research Associate
Computer Science Department
University of Massachusetts Amherst

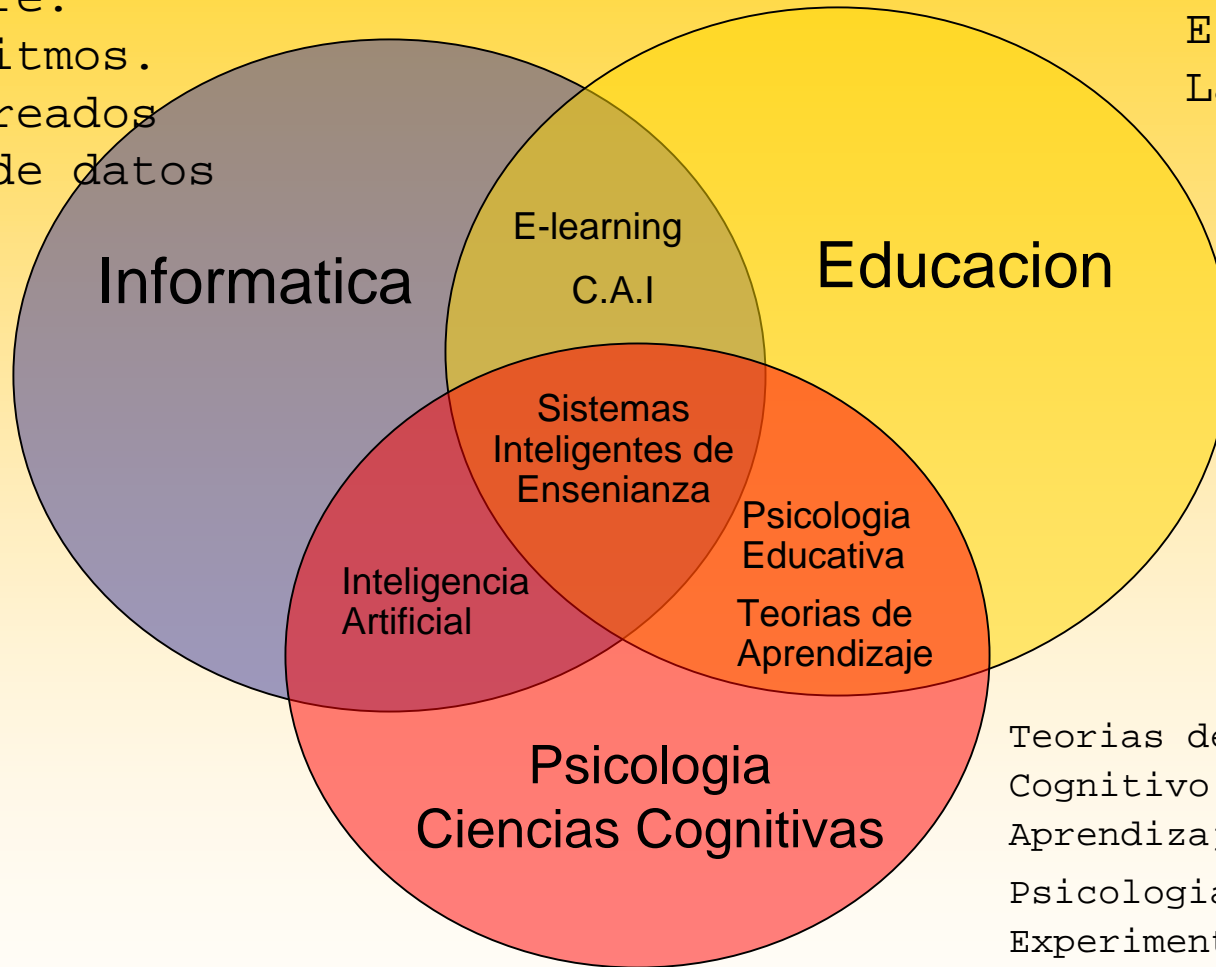
<http://www.cs.umass.edu/~ivon>



Sistemas Inteligentes de Enseñanza

El software.
Los algoritmos.
Modelos creados
a partir de datos

El problema.
La Pedagogía.



Teorias de Desarrollo
Cognitivo y
Aprendizaje.
Psicologia
Experimental.
Motivacion, cuestiones
afectivas.

Imaginense un 4-5° grado



María sabe restar y dividir, pero no termino de entender la ultima leccion de fracciones

Pedro todavía tiene dificultades restando





Todos ellos usan el mismo software, AnimalWatch

AnimalWatch de UMass/ USC

Arroyo, Beal, Woolf <http://k12.isi.edu/AW>

- Enteros / fracciones
 - Suma/resta
 - Multiplicacion/division
 - Identificacion de fracciones
 - Suma/resta fracciones
 - Proporciones, ecuaciones de 1 incognita
- 700 Problemas!
- Contexto real, integrado con ciencias
- Especies en Extincion
 - Ballena Franca
 - Panda
 - Caballo salvaje Takhi
- Matematicas integradas en una historia, con
 - Investigacion sobre la Ballena Franca en la biblioteca
 - Juntar dinero y hacer la valija para ir a estudiar la Ballena Franca
 - Seguir las ballenas desde un globo aerostatico
 - Subirse al bote para los avistajes

Please click on the animal you wish to learn about



IES

Institute of Education Sciences

U.S. Department of Education

Promoting educational excellence for all Americans.

Animalwatch

<http://k12.isi.edu/AW>

Una decision que no es menor: seleccionar un problema


Animal Watch

This baby panda is only 7 months old. She still really needs her mother to protect her and teach her the basics about food. She needs to learn what to eat and where to find it. In another 8 months she will be ready to live on her own without her mother.

How old will she be then?

Enter your answer here

months

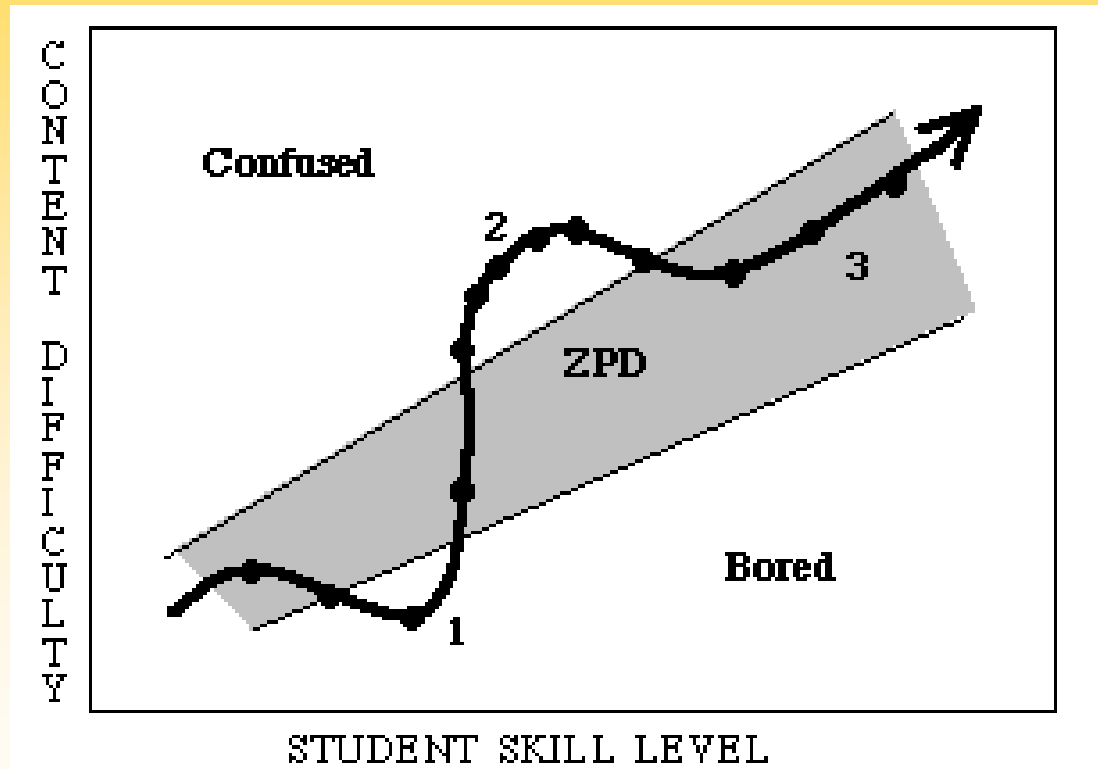


Un problema no muy facil, pero no muy dificil

Animalwatch

Una decision que no es menor: seleccionar un problema

Lo que dice la teoría (Vygotsky, 1978)
La Zona de Desarrollo Próximo



Murray, T., & Arroyo, I. (2002)

[Towards Measuring and Maintaining the Zone of Proximal Development in Adaptive Instructional Systems.](#)

Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Tutoring Systems

Que pasa cuando contestan incorrectamente

Unidades, decenas, centenas

Procedimientos numericos

Each group has 7 tens and 7 units.

$$308 \div 4 = 77$$


A WE SOME !

Continue...

Group 1	Group 2
77	77

Group 3	Group 4
77	77

Implementation
ery of the Northern
ates Right whale
throughout the
eveloped and
m to address the
ts on whales. To
planes and blimps
s to offshore
t for whales in the
that this will
372 feet in length if

What is $12 \div 2$?

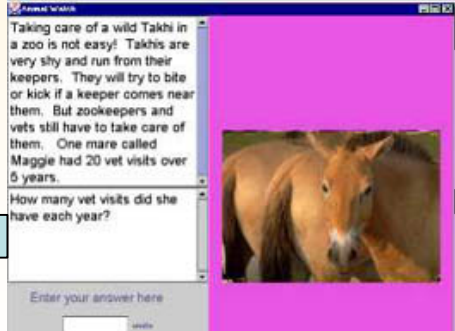
$$\begin{array}{r} 182 \\ \underline{2} \\ 372 \\ \underline{2} \\ 17 \\ \underline{16} \\ 12 \end{array}$$

372 **2**

incorrect

incorrect

incorrect



Controla de nuevo la division que acabas de hacer.

Decisiones importantes si tomamos en cuenta que María y Pedro tienen un nivel de matemáticas diferente; también quizás un nivel de desarrollo cognitivo diferente.

Importa realmente?

Si, los pequeños detalles importan

- Referirse al alumno por su propio nombre, darles opciones en el software, contextualizar con sus intereses hace que aprendan mas
 - Cordova, Diana I. & Lepper, Mark R (1996) Intrinsic Motivation and the process of Learning: Beneficial Effects of Contextualization, Personalization and Choice. in *Journal of Educational Psychology*, Vol. 88 no. 4.
- Principios de Aprendizaje con Multimedia
 - Mayer (2001) *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
 - Poner el texto de una explicacion al lado de una figura referida hace que se aprenda mas.
 - Agregar sonido sincronizado a un texto hace que los alumnos aprendan mas.
- Agregar un personaje pedagogico hace que aprenda mas (Moreno, R; Lester, J.; Mayer, R.)
 - Moreno, R. (2001). Software agents in multimedia: An experimental study of their contributions to students' learning. *Human-Computer Interaction Proceedings* (pp. 275-277), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Decisiones Importantes

Decisiones que podrian ser
tomadas en forma
Inteligente..

Smart machines in Education

De donde surgen?

Las maquinas pueden personalizar la educacion con software a cada individuo, o a grupos de individuos (learner-centered)

Un TUTOR COMPUTARIZADO INTELIGENTE puede multiplexar al maestro

Enseñanza uno a uno (1:1) funciona mucho mejor que la metodologia de una clase (1:30)

Bloom, B.S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. Educational Researcher,13(6), 4-16.

Intelligent Tutoring Systems (ITS)

Sistemas de Tutorías Inteligentes

Herramientas Informáticas para la enseñanza que utilizan a la Inteligencia Artificial (y la estadística) para generar interacciones individualizadas con el alumno, para adaptarse a las necesidades de aprendizaje.

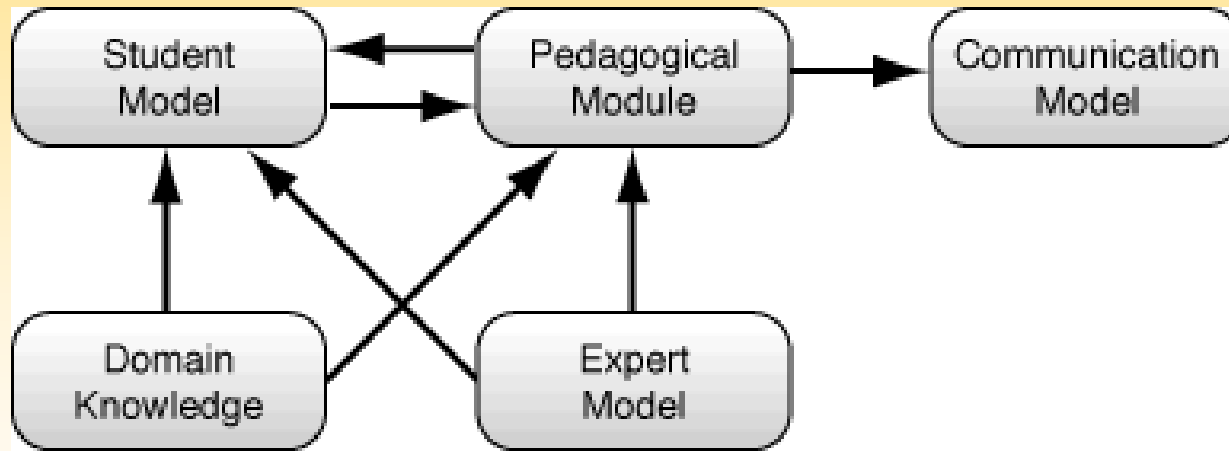


Figure 1: Interactions of components in an intelligent tutoring system.

El tutor de Algebra de CMU

Koedinger et. al

scenari

Scenario

A rock climber is currently on the side of a cliff 67 feet off the ground. She can climb on average about two and one-half feet per minute.

- 1 When will she be 92 feet off the ground?
- 2 In twenty minutes, how many feet above the ground will she be?
- 3 In 75 seconds, how far above the ground will she be?
- 4 Ten minutes ago, how far above the ground would she have been?

To write the expression, define a variable for the climbing time and use this variable to write a rule for her height above the ground.

Problem BH1T20

solver

Tutor computes results | Auto-simplify mode: On

en difficult

155 100

Ingresar un valor ya dado
Identificar unidades
Encontrar el valor de X
Escribir expresiones
Cambiar los intervalos de un eje
Cambiar los limites de un eje

Way

EDM.

wifi argenti

Video Snapshot 2

Worksheet for Problem BH1T20

Quantity Name	DISTANCE	TIME
Unit	FEET	MINUTE
Expression	x	
Question 1		
Question 2		
Question 3		
Question 4		

Hint

Enter an expression to calculate the height above ground level using the climbing time.

<<< >>> OK

graph

Grapher

	Lower Bound	Upper Bound	Interval
X Bounds	0.0	10.0	1.0
Y Bounds	0.0	10.0	1.0

El tutor Listen de CMU

Jack Mostow, Joseph E. Beck



Otro ejemplo: Math Forum

Repositorio de Matematicas para chicos del secundario

The Math Forum @ Drexel University

http://mathforum.org/

AW-Correct AW-getProblem AW-Login Incorrect-Local Correct-Local Login-local NextProblem-local Help-Local

Mathforum The Math Forum @ Drex...

The Math Forum @ Drexel
PEOPLE LEARNING MATH TOGETHER

Home Math Help Problems & Puzzles Math Talk Resources & Tools About The Math Forum

Welcome What's New Students Educators Parents & Citizens Researchers

Using technology to expand the classroom and explore mathematics

Welcome

Doing math this summer? Check out our **Summer PoWs**. ▶▶

The Math Forum Is...

... the leading online resource for improving math learning, teaching, and communication since 1992.

We are teachers, mathematicians, researchers, students, and parents using the power of the Web to learn math and improve math education.

We offer a wealth of problems and puzzles; online mentoring; research; team problem solving; collaborations; and professional development. Students have fun and learn a lot. Educators share ideas and acquire new skills.

Explore our popular programs

Problems of the Week

BUY NOW

Interesting problems you can answer online or offline with an opportunity for feedback from mentors on problem-solving and communication skills ▶▶

Ask Dr. Math

Mathematics advice from experts and professional volunteers thinking about your questions ▶▶

Math Tools

Explore the world of online tools for understanding math concepts and "talk" with teachers using them in the classroom ▶▶

Teacher2Teacher

Colleagues from around the world working together to address the challenges of teaching and learning ▶▶

Shop@The Math Forum

- Educator Packages
- Student Memberships
- Ask Dr. Math Books
- Teacher Courses
- Join The Math Forum


Search The Math Forum

Search

The Math Forum
is sponsored in part by
Texas Instruments

FREE COURSES for PRE-SERVICE TEACHERS

Customizando MathForum



Forum's Active Problem Library

Geometry: Lines and Angles

Hello Group 2 Test, here are a couple of problems from this category that we think you should work on.

Navigation

- [Browse All Problems](#)
- [Browse by Topic](#)
- [Logout](#)

Legend

- Easy
- Just Right
- Difficult
- Very Hard

● A Quilt Made of Squares
Using the information given, will the finished quilt be in the shape of a square?
by Annie Fetter

● Overlapping Squares
Two squares, one 8 cm on a side and the other 10 cm, overlap. A corner of the 10 cm square is anchored at the middle of the 8 cm square and can rotate around that point. What are the maximum and minimum areas they'll overlap?
by Annie and Ron

● Area of a Rectangle
Given rectangle ABCD with point E on CD. AE is 3, BE is 4, and AE is perpendicular to BE. What's the area of ABCD?
by Annie Fetter

(C) 1994-2006 Drexel University. All rights reserved.
<http://mathforum.org/>

The Math Forum is a research and educational enterprise of the Drexel School of Education.

Los alumnos hacen un pretest

Personalización

- *Elegir un problema de la semana para cada alumno.*

- *Asignar colores a los botones*

Readiness(p)

- *a partir de habilidades*
- *nivel de confianza del alumno*

Soporte

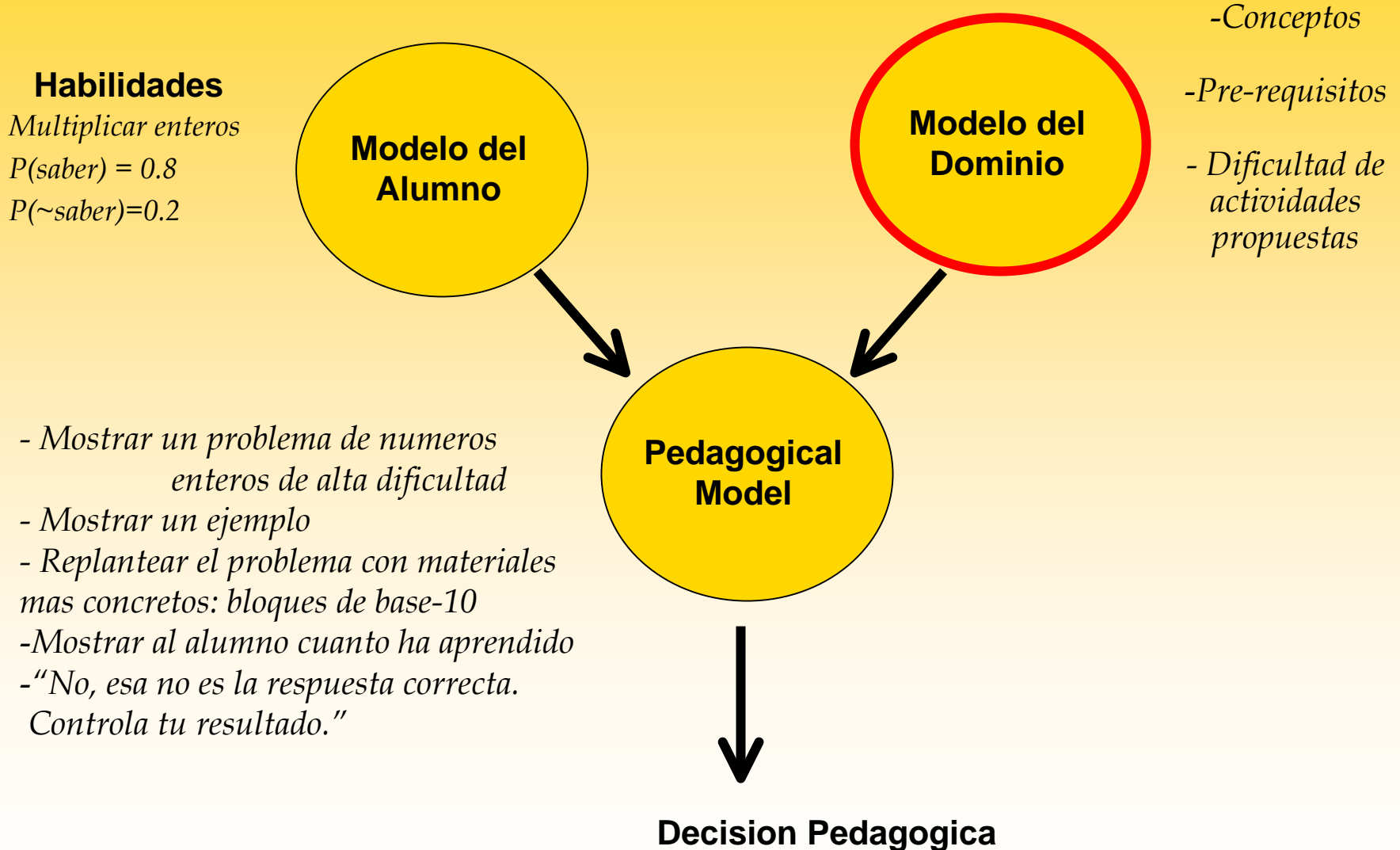
- **Proveer ejemplos de “entrenamiento” para los conceptos subyacentes al problema**

- **Proveer pequeños hints extraídos de soluciones correctas ingresadas por otros alumnos**

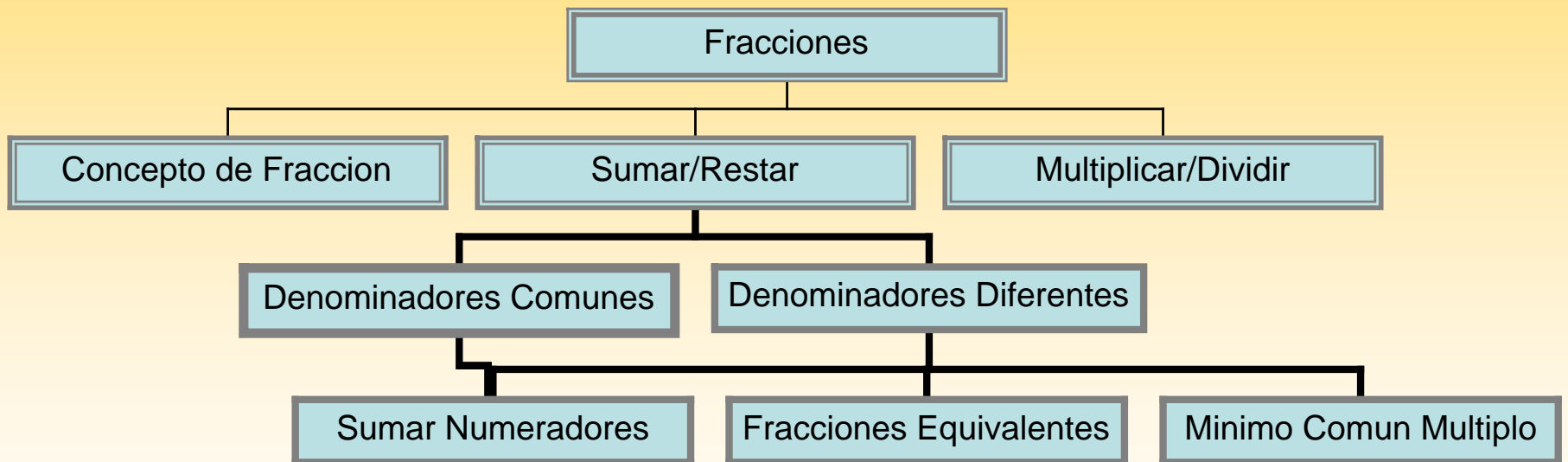
Opcion

Alumnos pueden decir “este es muy dificil, dame uno mas facil”

Interaccion de los modulos



El modelo de dominio en Animalwatch



Como se organiza el Conocimiento en los tutores de CMU

SI el objetivo es clasificar una figura ← **Habilidad**

Y la figura tiene 4 lados iguales ← **Característica del problema**

Y la figura tiene un angulo recto ←

ENTONCES clasificar la figura como un cuadrado

Respuesta correcta

Modelos del alumno

- Por que un modelo del alumno?
 - Predecir, comprender al alumno.
- Que modelar
 - Habilidades cognitivas
 - Sabe el alumno el concepto X?
 - Sabe el alumno el procedimiento X?
 - Motivacion y factores afectivos
 - Habilidades metacognitivas

El Modelo del Alumno en los tutores de CMU

$$P(\text{saber}_{\text{clasificar}}) = P(\text{saber}_{\text{clasificar}} \mid \text{aplico la regla})$$

SI el objetivo es clasificar una figura ← **Habilidad**

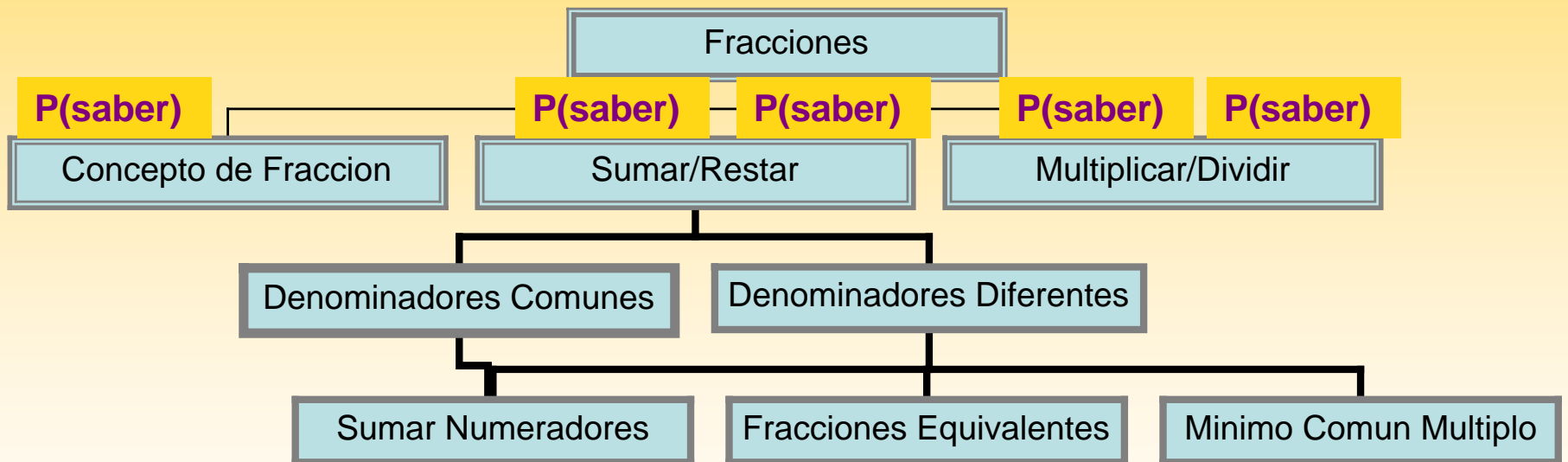
Y la figura tiene 4 lados iguales ← **Característica del problema**

Y la figura tiene un ángulo recto ← **Característica del problema**

ENTONCES clasificar la figura como un cuadrado

Respuesta correcta

El modelo de alumno en Animalwatch



Modelar restricciones

(Constraint-based modeling)

Ohlssen&Mitrovic, New Zealand

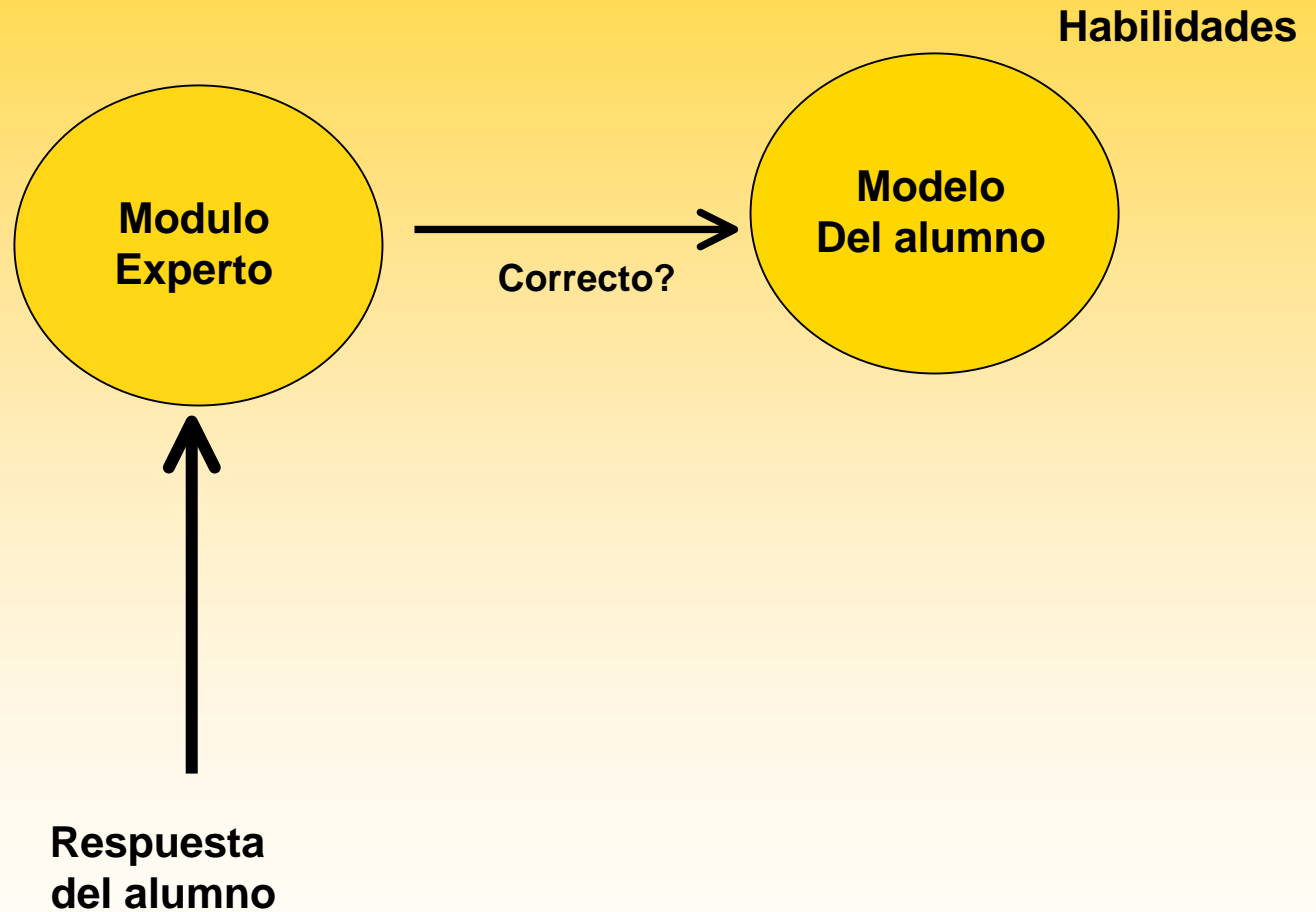
Una descripción completa del dominio, o del conocimiento, no es necesaria en una tutoría, a no ser que haya una forma de reaccionar en cada paso.

- Dominio representado por un conjunto de restricciones
- Si el problema es $a/b + c/d$ y la solución es $(a+c)/n$
- Entonces más vale que $n=b=d$

$$\frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{\boxed{3}}{\boxed{5}}$$

Especial para dominios más complejos

Actualizar el modelo del alumno



El Modelo del Alumno

Aplicando el teorema de Bayes

Estimacion de habilidades (P(sabe_{sumar}=True))

$$P_t(sabe_s)$$



$$P^{(D)}(errores|sabe)P_{t-1}(sabe) + P(errores|\sim sabe)P_{t-1}(\sim sabe)$$

P(error|sabe)

P(error|~sabe)

Errores=NO

1-P(slip)

P(guess)

Errores=SI

P(slip)

1-P(guess)

El Modelo del Alumno

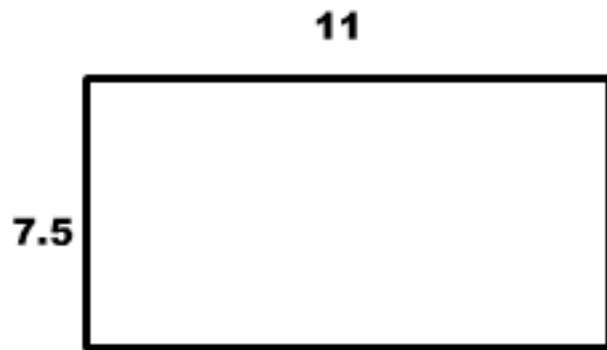
Un problema de ejemplo

Alumnos usando un tutor de Geometría



El Modelo del Alumno

Un problema de ejemplo



What is the area of the rectangle?

- A 82.5
- B 75.5
- C 117
- D 37
- E 11.75

El Modelo del Alumno

Un enfoque Bayesiano


Edit Function

$p(\text{problema} \mid \text{saber})$

saber	true	false
correcto	0.9	0.2
incorrecto	0.1	0.8

Apply Dismiss



 $P(\text{adivinar})$

 $P(\text{desliz})$

El Modelo del Alumno

Un enfoque Bayesiano



To edit attributes of a node, click on it.

To observe a node, click on it.

To query on a particular node, click on it.

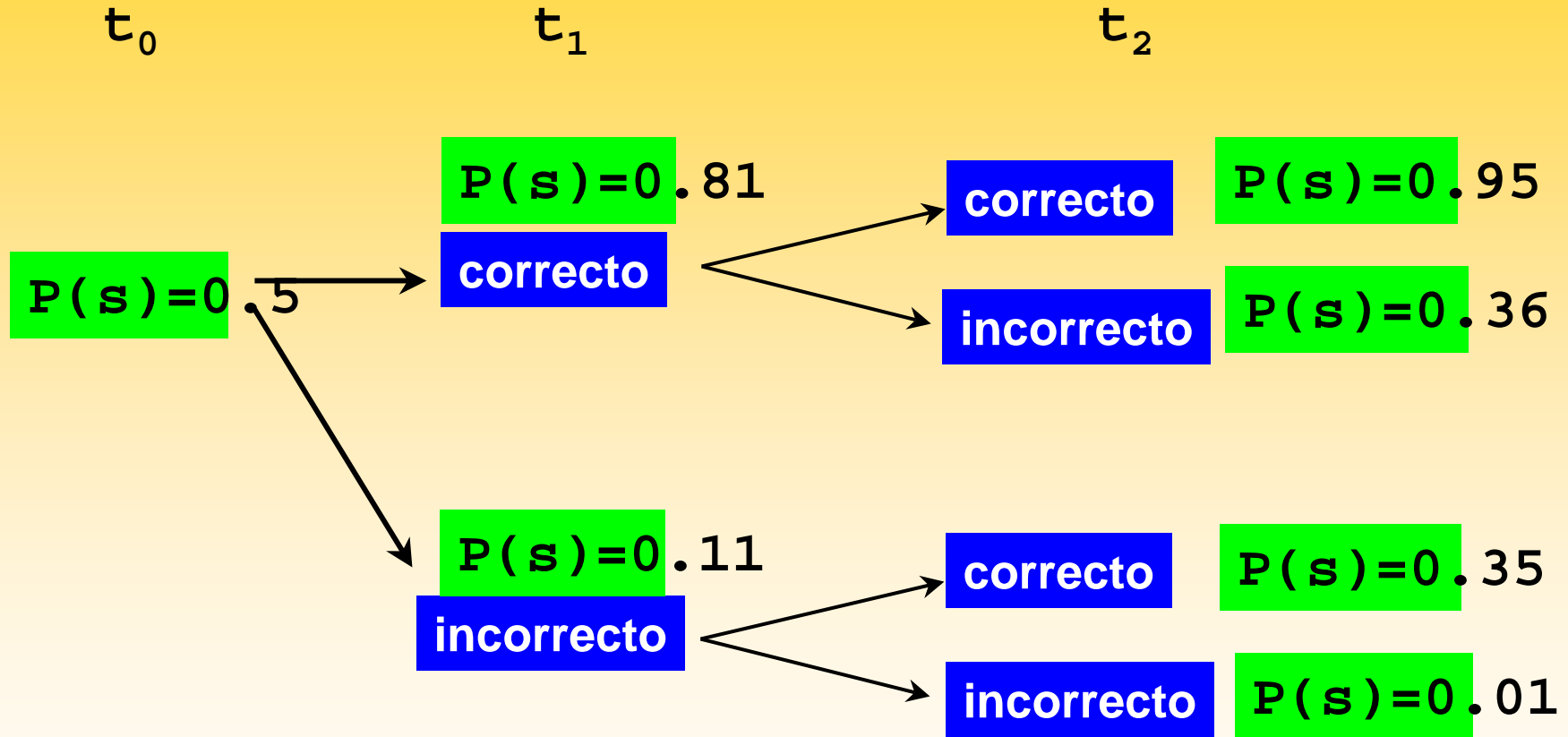
Posterior distribution:

```
probability ( "saber" ) { //1 variable(s) and 2 values
  table
    0.8181818181818181 // p(true | evidence )
    0.1818181818181818; // p(false | evidence );
}
```

Que pasa si el alumno responde correctamente?

El Modelo del Alumno

Probabilidades Posteriores



$$P_{t-1}(sabe_s | errores_p) = \frac{P(errores_p | sabe_s) P_{t-1}(sabe_s)}{P(errores/sabe) P_{t-1}(sabe) + P(errores/\sim sabe) P_{t-1}(\sim sabe)}$$

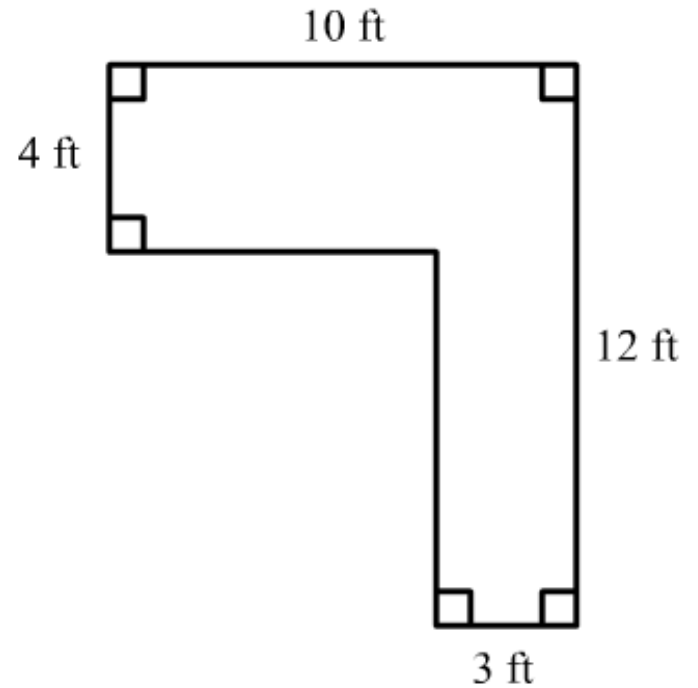
Una realidad más compleja

w
fi

What is the perimeter, in feet, of this figure?

- A 38
- B 41
- C 44
- D 46
- E 48

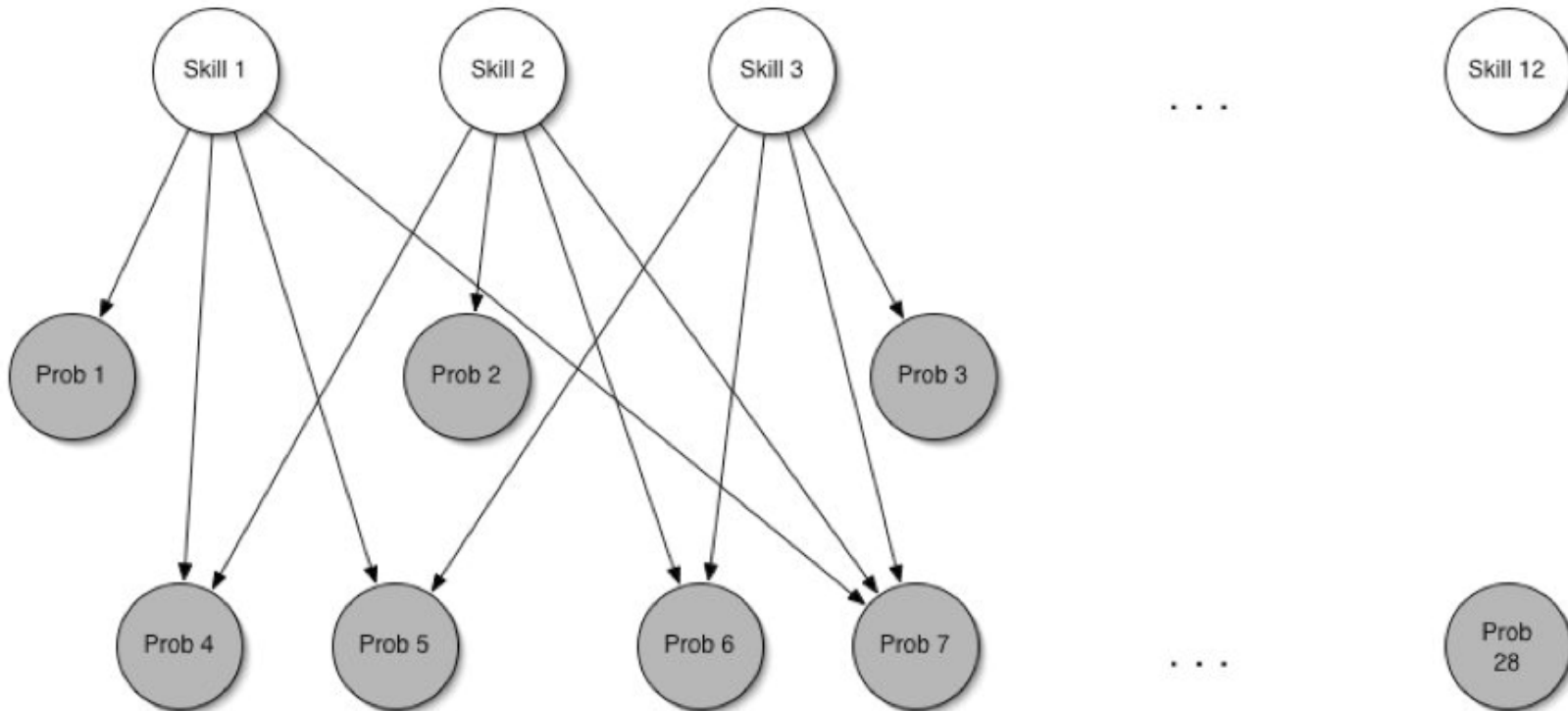
w
fi



Una realidad más compleja

Problemas involucran varias habilidades

150 alumnos hicieron un test (papel y lapiz) de estos problemas



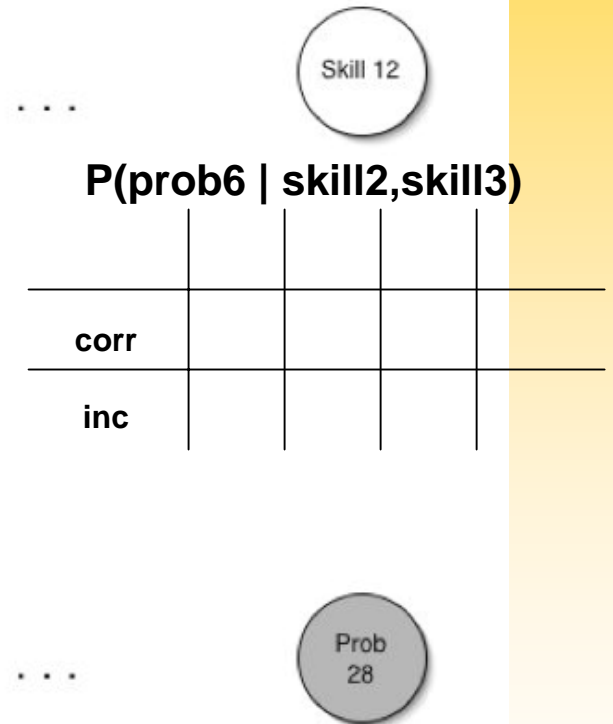
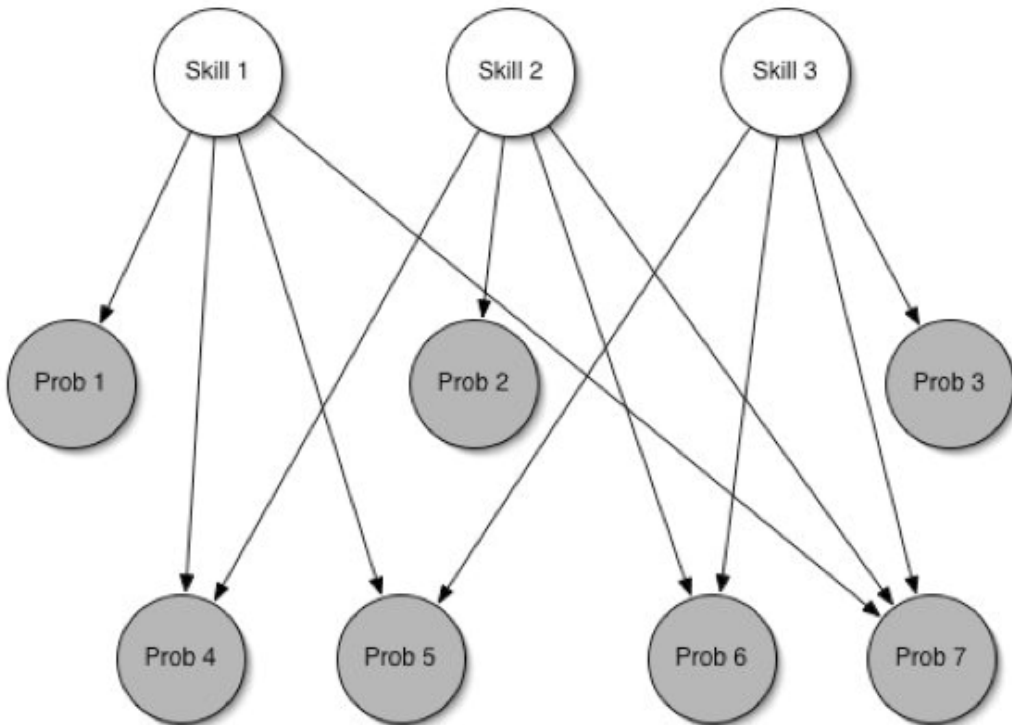
Cual es la $P(\text{prob6}=\text{inc} \mid \text{Skill3}, \text{Skill2})$?

$P(\text{prob6}=\text{corr} \mid \sim\text{Skill3}, \text{Skill2})$?

$P(\text{prob6}=\text{corr} \mid \text{Skill3}, \sim\text{Skill2})$?

Una realidad más compleja

Kimberly Ferguson, Ivon Arroyo, Sridhar Mahadevan, Beverly Woolf and Andy Barto. **Improving Intelligent Tutoring Systems: Using Expectation Maximization To Learn Student Skill Levels.** Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Taiwan, June, 2006.

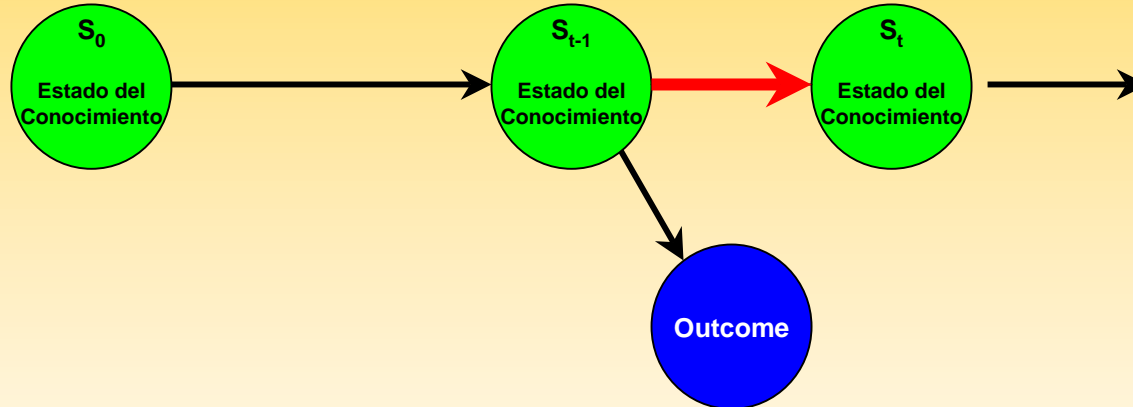


Con el algoritmo de Maximización de la Esperanza (EM) se pueden aprender los parámetros de la red, aun si no existe ningún dato que indique una habilidad $P(\text{Skill})$.

El Modelo del Alumno

Teniendo en cuenta el tiempo

Updating of a Bayesian Net of students' knowledge. Extracted from Reye (2004)



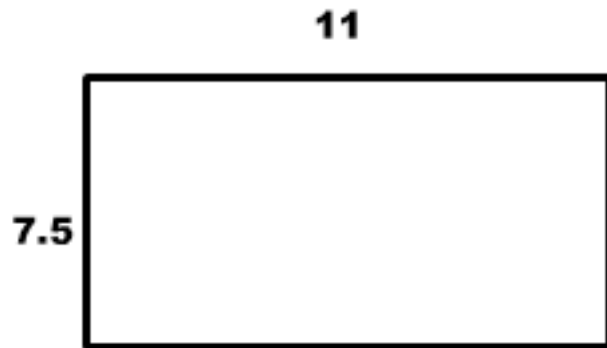
Parametros clave:

→ $P(\sim S_t | S_{t-1}) = P(\text{olvidar}) = 1 - P(\text{recordar})$ *Retention*

$P(S_t | \sim S_{t-1}) = P(\text{aprender})$ *Acquisition*

El Modelo del Alumno

Un problema de ejemplo



What is the area of the rectangle?

A 82.5

B 75.5

C 117

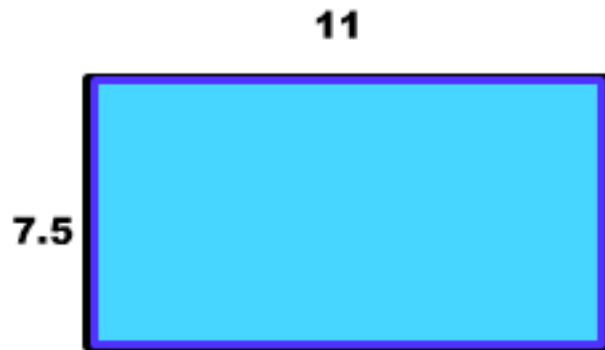
D 37

E 11.75

El Modelo del Alumno

Un problema de ejemplo

The Area is the space within the shape's boundary.

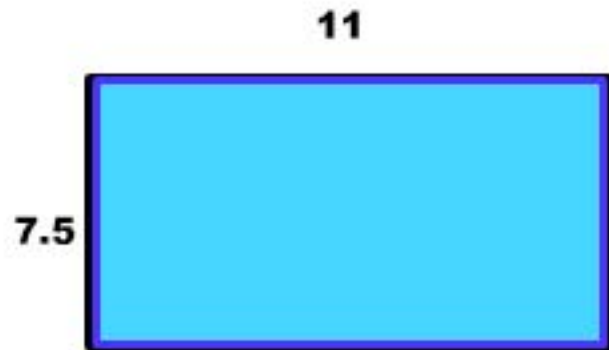


What is the area of the rectangle?

- A 82.5
- B 75.5
- C 117
- D 37
- E 11.75

El Modelo del Alumno

Un problema de ejemplo



The Area is the space within the shape's boundary.

$$\text{Area} = h \times w$$

$$\text{Area} = 7.5 \times 11$$

$$\text{Area} = 82.5$$

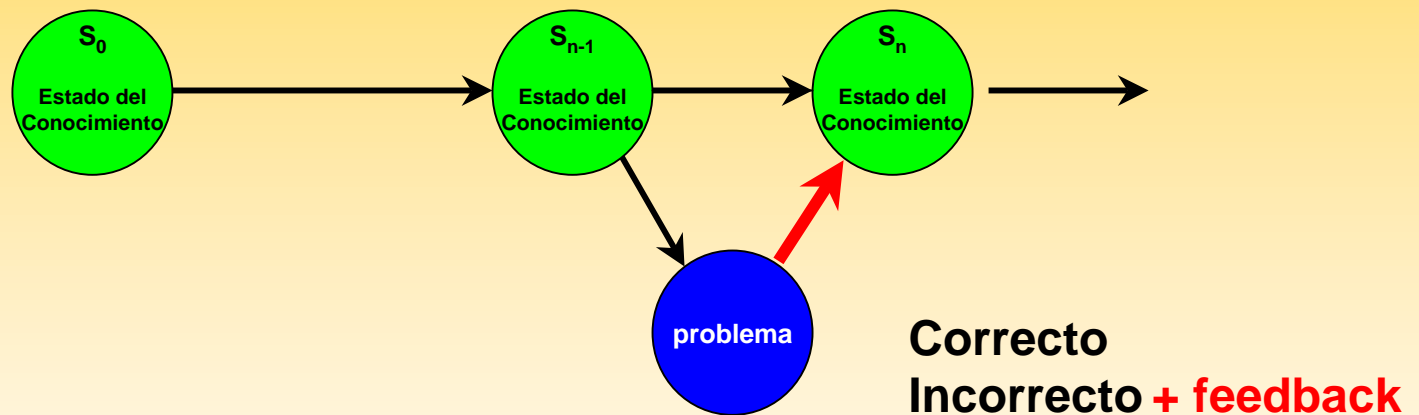
What is the area of the rectangle?

- A** 82.5 **Choose (a)**
- B** 75.5
- C** 117
- D** 37
- ~~11.75~~

El Modelo del Alumno

Teniendo en cuenta la efectividad de la ayuda

Updating of a Bayesian Net of students' knowledge. Extracted from Rey (2004)



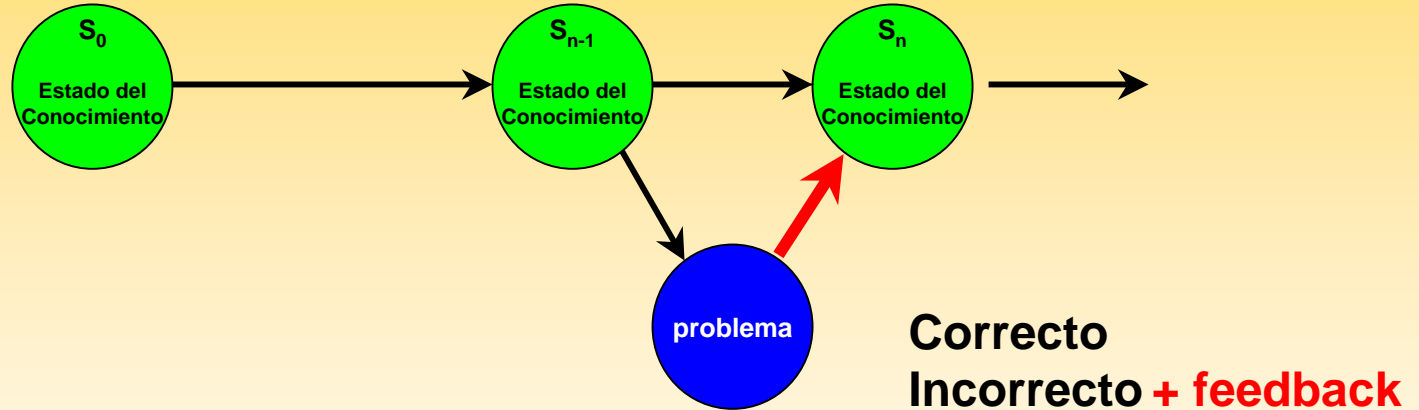
$\rightarrow P(S_n | \sim S_{n-1}, \text{problema} = \text{Inc} + \text{Feedback})$

La probabilidad de que nuestra pedagogía es buena.

El Modelo del Alumno

Se pueden aprender estos parametros?

Updating of a Bayesian Net of students' knowledge. Extracted from Reye (2004)



→ $P(S_n | \sim S_{n-1}, \text{problema} = \text{Inc} + \text{Feedback})$

Anders Jonsson, Jeff Johns, Hasmik Mehranian, Ivon Arroyo, Beverly Woolf, Andrew Barto, Donald Fisher, Sridhar Mahadevan (2005). [Evaluating the Feasibility of Learning Student Models from Data](#). AAI Workshop on Educational Data Mining, Pittsburgh, PA, 2005

Otros aspectos importantes sobre modelos del alumno

- Los links tambien pueden indicar otras dependencias
 - Sub-habilidades
 - Pre-requisitos. Parametros: $P(S_{\text{tema}} | S_{\text{prereq}})$
- Como manejar la complejidad de una red grande
- La habilidad se modela con una distribucion Bernoulli.
 - Sera mejor una distribucion continua? Normal?
 - Que parametros necesitaria? Cual es $P(\text{outcome} | \text{Saber})$?

Optimización de decisiones

- Generalmente, las decisiones son heurísticas
 - Problema seleccionado = $F(\text{StudentModel}, \text{DomainModel})$
 - Si $(\text{Sabe}(\text{prerequisitos}(X)) \text{ AND } \sim\text{Sabe}(X))$
mostrar(X)
 - Que dice la teoría de instrucción (Gagne):
 - Gain attention
 - Inform learner of objectives
 - Stimulate recall of prior learning
 - Present stimulus material
 - Provide learner guidance
 - Elicit performance
 - Provide feedback
 - Assess performance

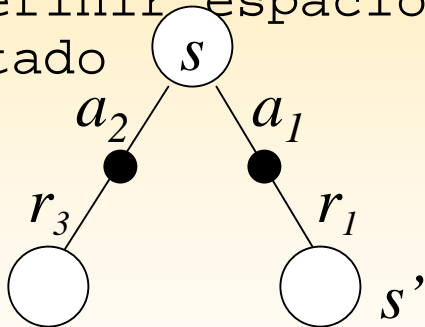
Aprendizaje por Refuerzo

- Lo ideal sería usar ML para encontrar pedagogías óptimas

-Aprendizaje por Refuerzo

- Joseph Beck, [Beverly Park Woolf](#). Reasoning from Data Rather than Theory. FLAIRS Conference 2000: 34-39
- Martin, K.; Arroyo, I. (2004). [AgentX: Using Reinforcement Learning to Improve the Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems](#). Intelligent Tutoring Systems, 7th International Conference, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 3220 Springer 200
- Wolf, Arroyo, Barto. Usar RL para optimizar la selección de dificultad del problema siguiente. Inedito.

- Definir espacio de estados, recompensas, valor de un estado



Son efectivos estos
sistemas?

Como se evalua la efectividad?

El Tutor de Algebra es efectivo

Medias y desviaciones estandaradas en varios tests diferentes, en comparacion con un grupo de control

Comparison, and Scholars-Comparison Classes

	Grupo control	Tutor algebra	Grupo avanzado	F value and significance	Sigma
Iowa Algebra Aptitude	.46 (.17) 80	.52 (.19) 287	.68 (.17) 34	F(2,398) = 17.0 p < .0001	0.3
Math SAT Subset	.27 (.14) 44	.32 (.16) 149	.42 (.15) 15	F(2, 205) = 5.1 p < .01	0.3
Problem Situation Test	.22 (.22) 42	.39 (.33) 127	.38 (.26) 20	F(2, 186) = 5.3 p < .01	0.7
Representations Test	.15 (.18) 44	.37 (.32) 124	.12 (.16) 18	F(2, 183) = 13.4 p < .0001	1.2

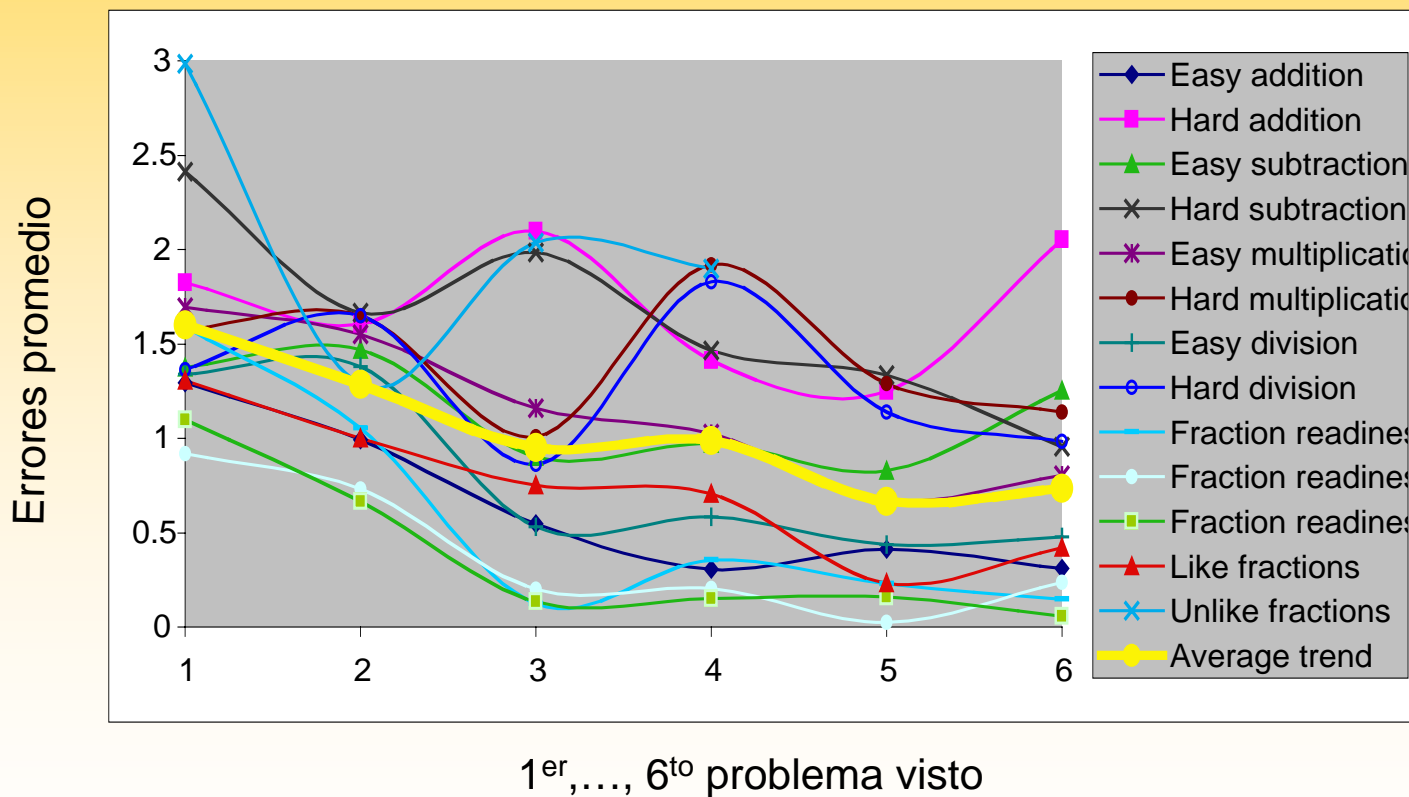
ANOVA (test de between-subjects)

Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. (1997). Intelligent tutoring goes to school in the big city. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 30-43.

Otras formas de evaluar efectividad

Se reducen los errores con AnimalWatch?

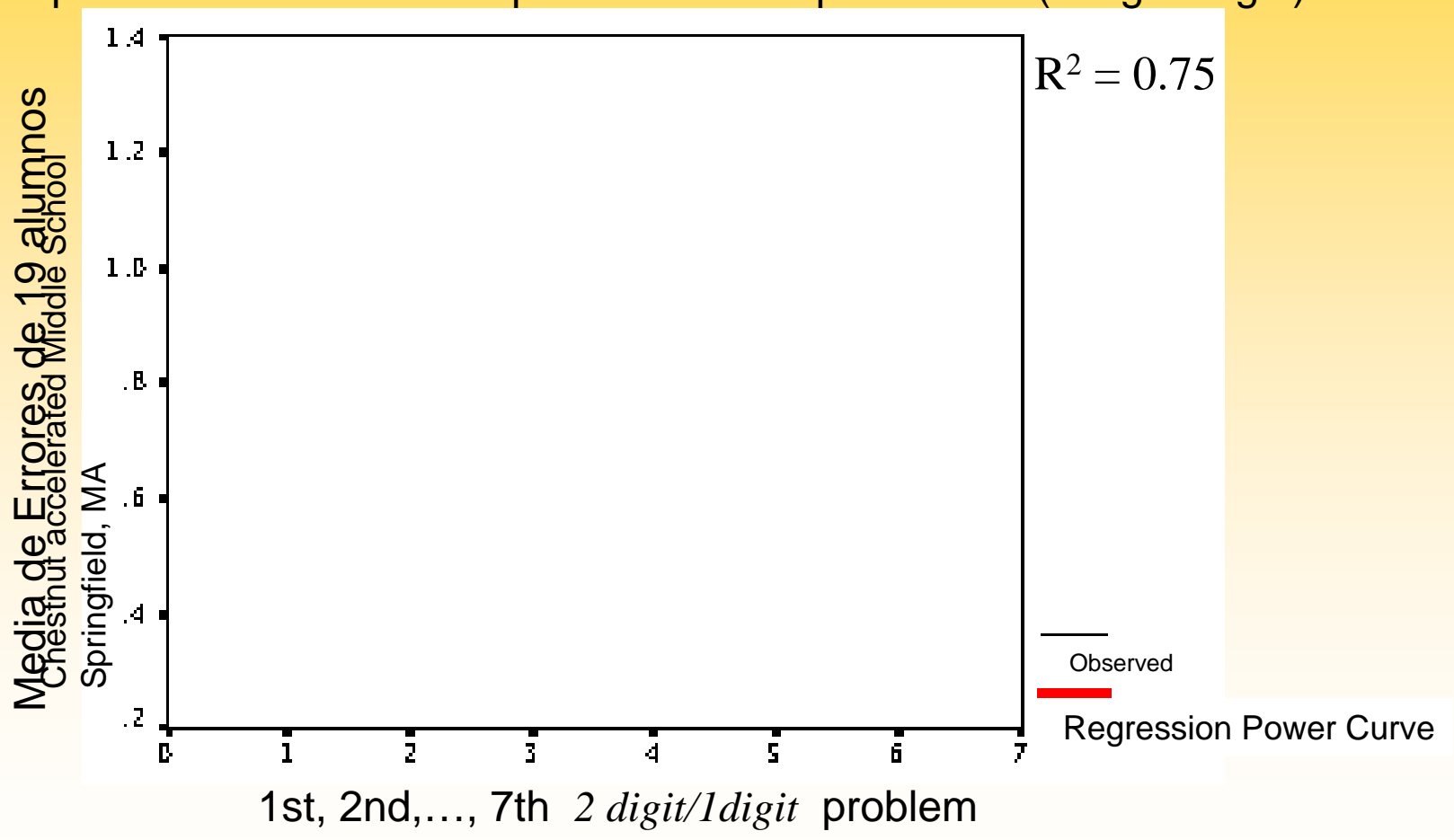
350 alumnos



Otras formas de evaluar efectividad

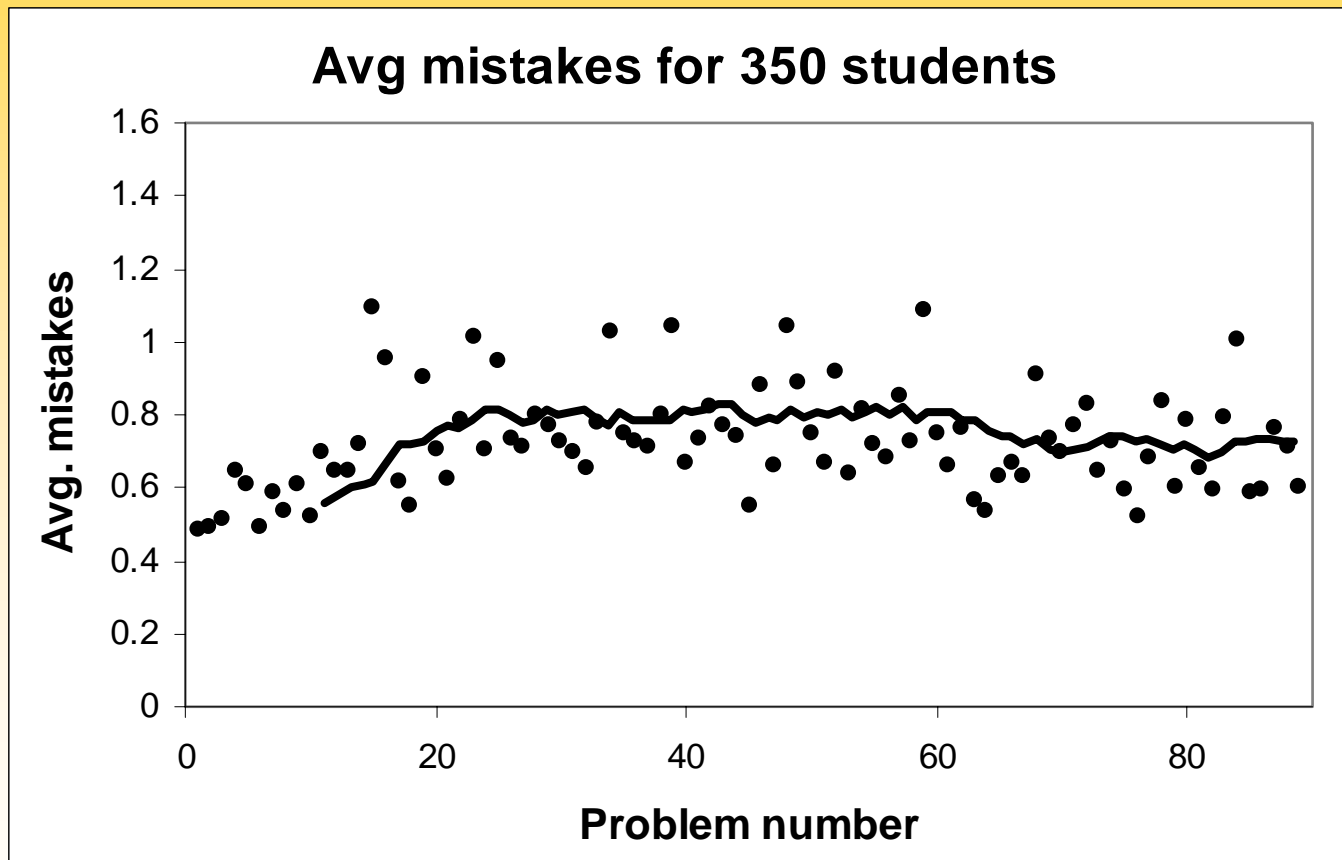
Se reducen los errores con AnimalWatch?

Errores promedio cometidos en problemas del tipo "34 / 2" (2digit/1digit)



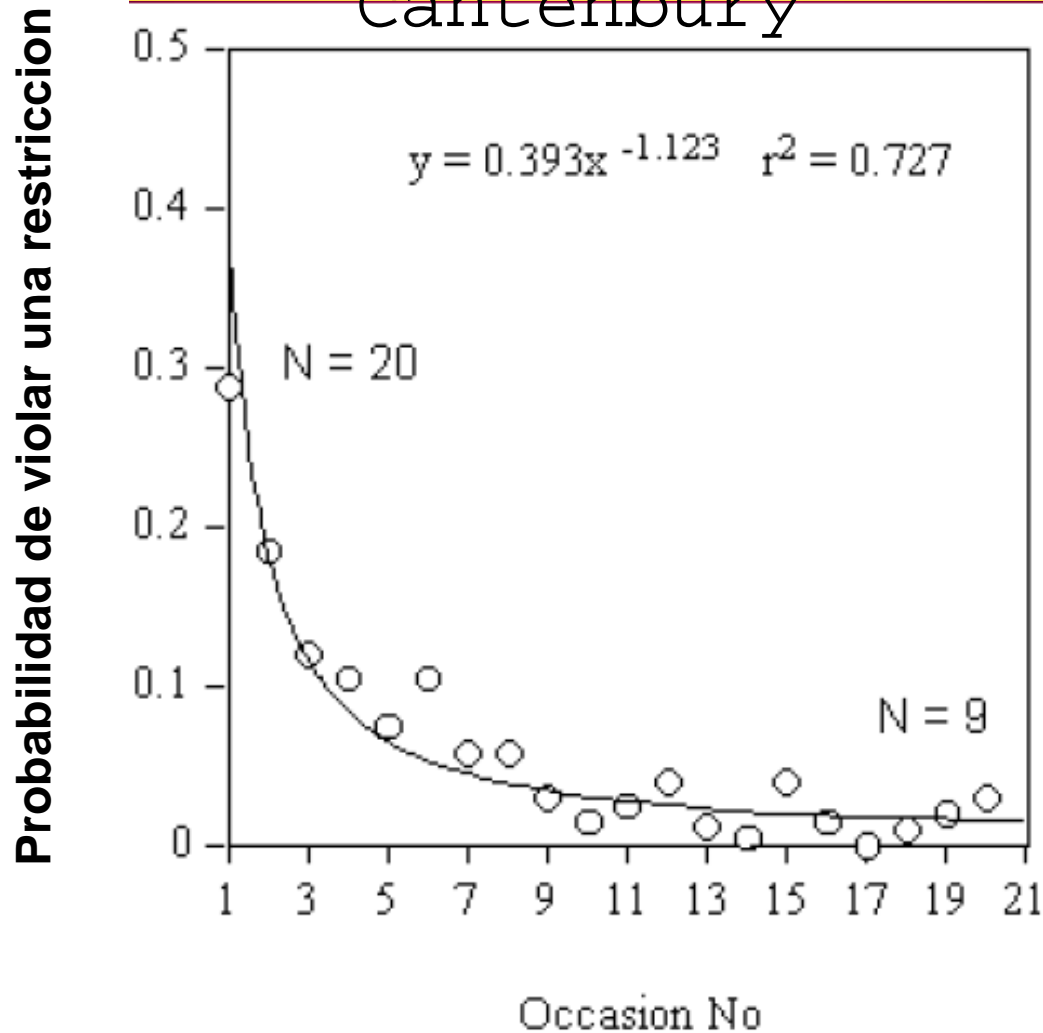
Evaluacion de eficiencia

AnimalWatch mantiene el nivel de desafio



Curvas de Aprendizaje

Constraint-based tutor de SQL de Cantenbury



El impacto de Wayang Outpost

Springfield Central High School, Frontier Regional High School,
Ralph Mahar, Belchertown High School

Year	Percentage of Correct Answers (Correct Problems / Total Problems)	Overall Improvement (Posttest – pretest)
Spring 2003 (N=70) <i>Pencil&Paper</i>	Pretest = 38% Posttest = 45%	7%
Fall 2003 (N=100) <i>Online test</i>	Pretest = 29% Posttest = 34%	5%
Spring 2004 (N=130) <i>Pencil&Paper</i>	Pretest = 21% Posttest = 29%	8%
Spring 2005 (N=150) <i>Pencil&Paper</i>	Pretest = 40% Posttest = 50%	10%
Fall 2005 (N=180) <i>Online test</i>	Pretest = 32% Posttest = 44%	12%

Grupo control (clases de SAT): 1%

**Aprobo MCAS%
tutored** **Aprobo MCAS%
control**

77%

60%

Chi-Cuad
p<0.01

34%

24%

Chi-Cuad
P<0.05

**ANOVAs dieron diferencias significativas desde el pretest al posttest.
Alumnos aprueban el MCAS con mayor frecuencia cuando usan Wayang.**

Hay otras características importantes que modelar

- Hay habilidades cognitivas generales que afectan la performance de los alumnos (Arroyo, 2003)

- Nivel de desarrollo cognitivo de los niños
- Habilidad espacial, capacidad de memorización

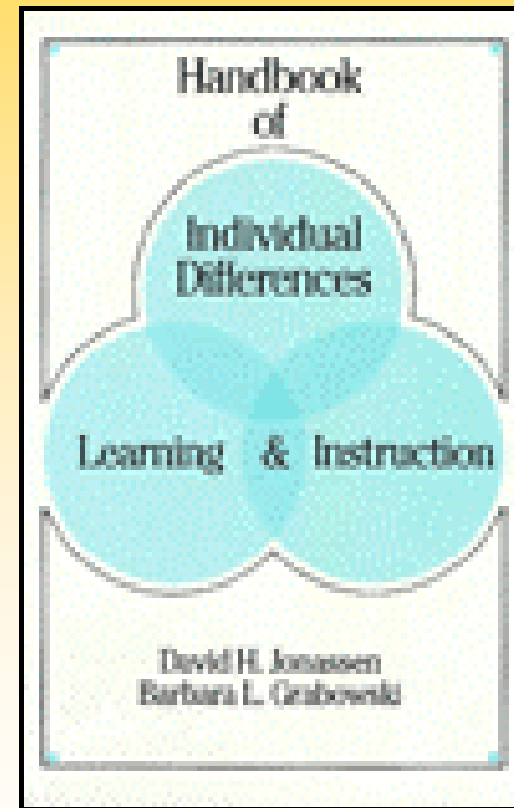
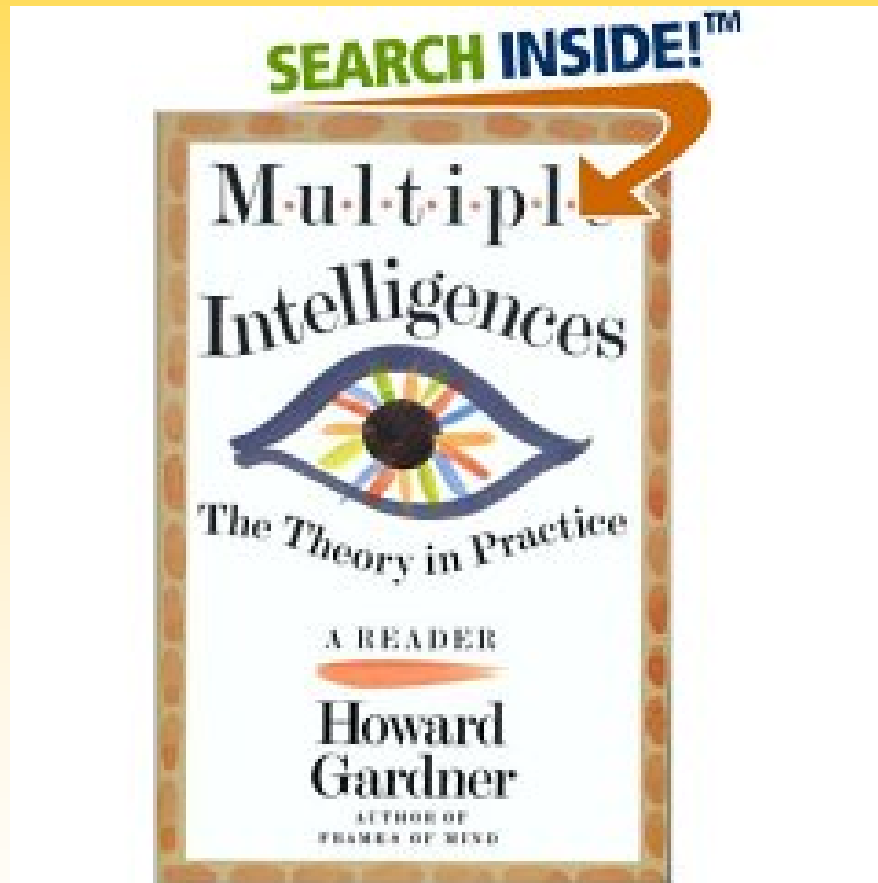
Arroyo, I., Woolf, B., Beal, C.R. (2006). [Addressing Cognitive Differences and Gender During Problem Solving](#). International Journal of Technology, Instruction, Cognition and Learning. Old City Publishing.

- Hay procesos metacognitivos que es importante promover
 - Independientes de dominio
 - Regulan el aprendizaje
 - Help-seeking, Self-explanation (Bunt&Conati, 2001; Alevan,1999)
- Hay actitudes negativas que hay que evitar
 - Reflejadas en comportamientos no deseados

**Hay otras características
De alumnos que son
Importantes de modelar?**

Pedagogias

Los alumnos tienen inteligencias diferentes necesitan enseñanzas diferentes



Nivel de desarrollo cognitivo

Como se benefician alumnos de diferente desarrollo cognitivo?

(Arroyo et al., 1999)

Pensamiento Concreto

(Conservacion de substancia)



Imagine that you pour the water in the glasses into the containers that are next to them. Where do you think the level of the water is going to be in those containers, after pouring the water? Click in the place where you think the level of the water is going to be in both containers.

I am ready...

Is it better to give this plant a can of water every day or every week? Experiment with these plants.

1 a day
 1 a week
 90° F
 50° F

1 a day
 1 a week
 90° F
 50° F

1 a day
 1 a week
 90° F
 50° F

1 a day
 1 a week
 90° F
 50° F

Go on

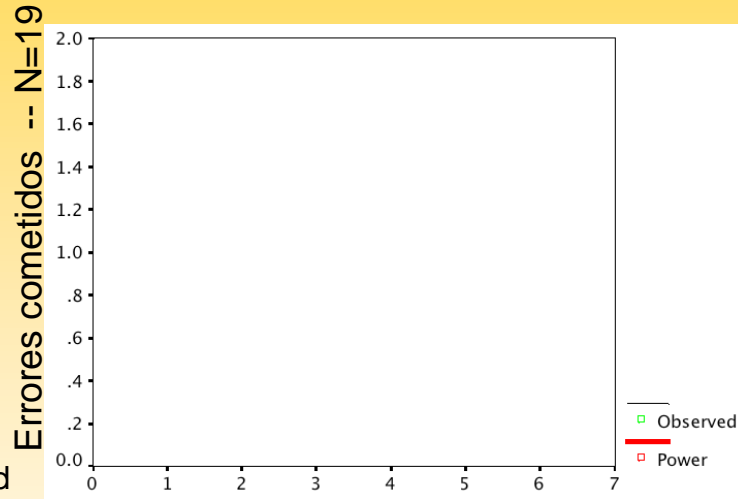


Pensamiento Formal

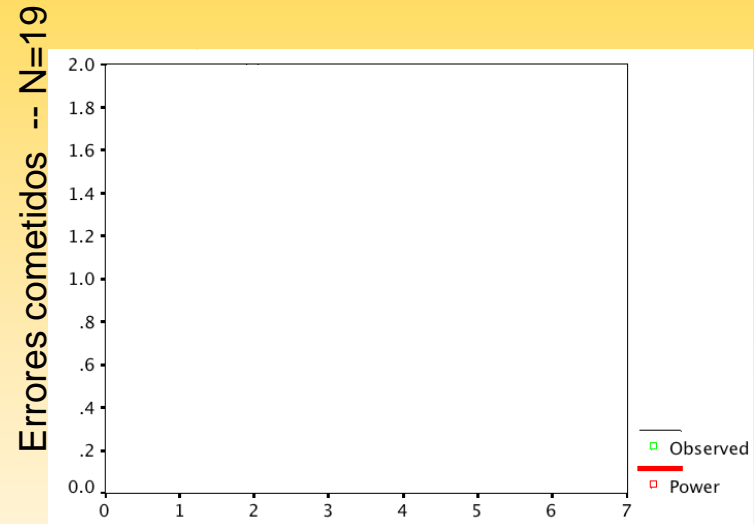
(Diseño de un experimento con dos variables)

Curvas de Aprendizaje en AnimalWatch

Alumnos de pensamiento concreto resolviendo problemas de resta de 2-dígitos



Alumnos "concretos"
Reciben ayuda con bloques

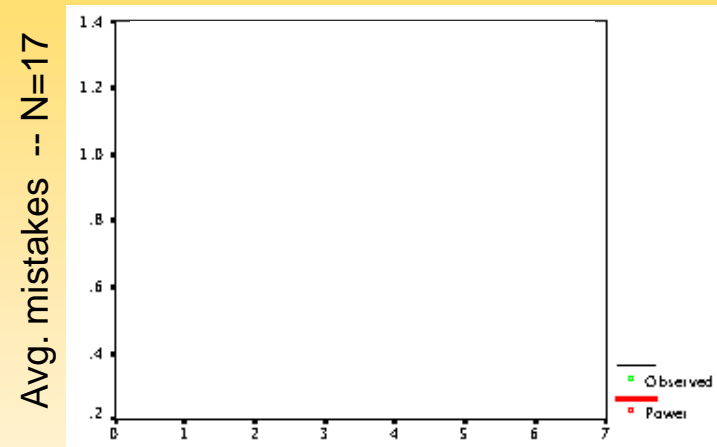
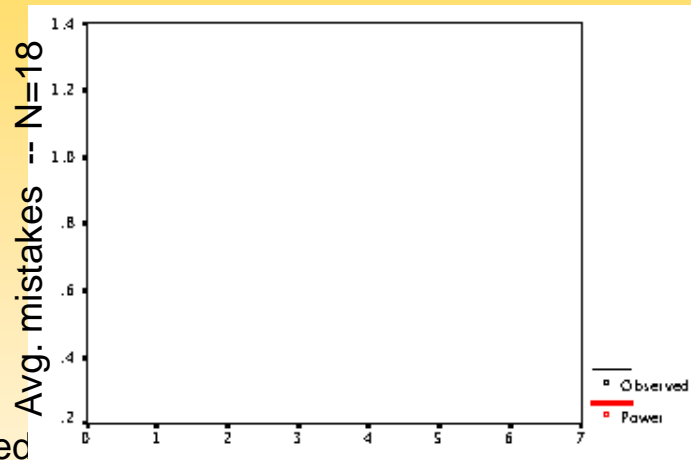


Alumnos "concretos"
Reciben ayuda numerica

- Alumnos concretos reducen sus errores mas rapido cuando la ayuda es de bajo nivel de abstracción (concreta, manipulable)

Curvas de Aprendizaje en AnimalWatch

Alumnos de pensamiento formal resolviendo problemas de division de 2-digitos



Observed
Power curve

formal students
receive concrete hints

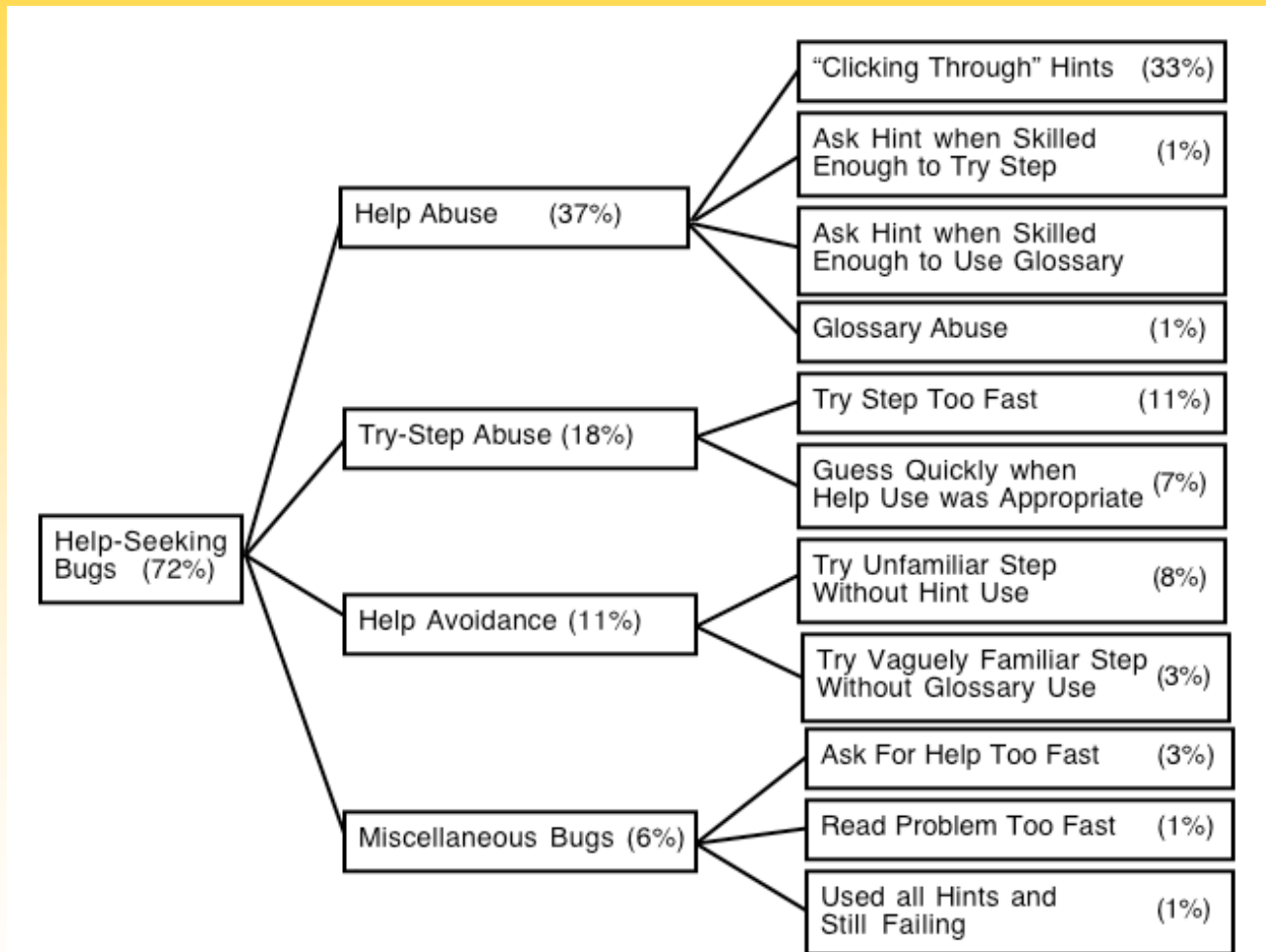
formal students
receive formal hints

- Alumnos formales reducen sus errores mas rapido cuando la ayuda es de alto nivel de abstracción

**Modelar Motivacion?
Meta-cognición?**

La ayuda no es usada apropiadamente

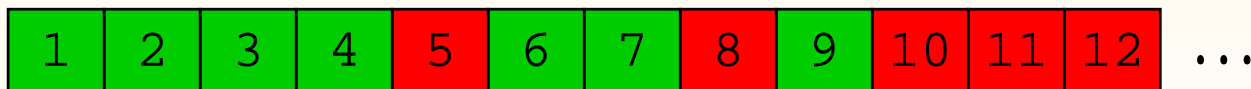
Aleven, Mc.Laren, Roll, Koedinger (2004). Toward tutoring help seeking: Applying cognitive modeling to meta-cognitive skills. ITS 2004. Maceio, Brasil.



Saber buscar ayuda es un proceso meta-cognitivo

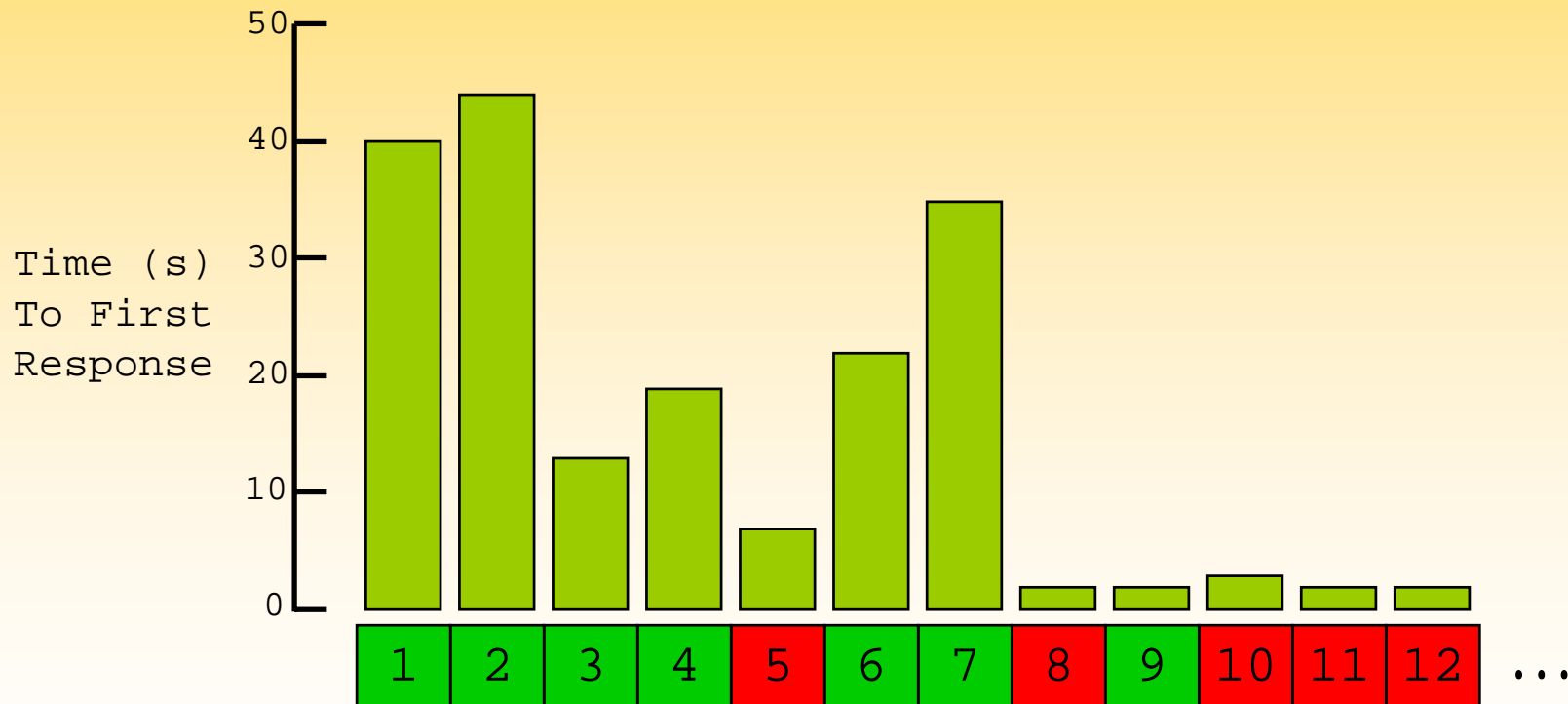
Baja motivación en Wayang

- Ejemplo: Datos reales de un alumno particular en 12 problemas (verde = correcto, rojo = incorrecto)
 - Los problemas son de mas o menos la misma dificultad
 - El alumno esta desaprendiendo??



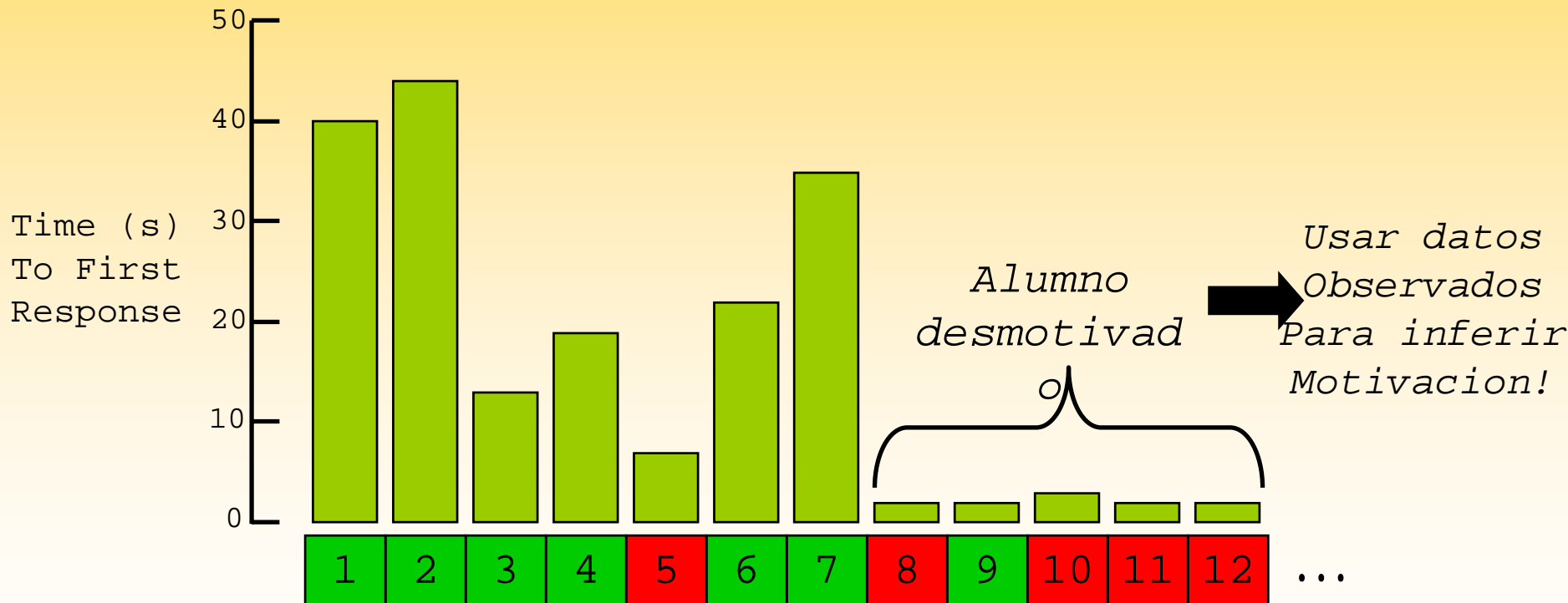
Baja motivación en Wayang

- Concluimos algo diferente cuando vemos el tiempo de respuesta!



Baja motivación en Wayang

- Conclusión: Pobre performance del alumno en los ultimos problemas es por baja motivacion (no por no saber)



Por que? Fatiga, aburrimiento, no ve el propósito, una mezcla de los tres.

Como se reflejan actitudes en comportamientos?

Que te parecio el tutor? Una encuesta despues de usar la tutoria

Aprendiste a resolver problemas del tipo de los del examen SAT?

Not at all ... It really made a difference

Cuanto te gusto el sistema?

Not at all... I think it was great

Realmente trataste de aprender cuando usaste el sistema?

I didn't care at all...I tried to learn as much as possible

Que te parecio la ayuda que te dio el sistema?

It wasn't good or clear at all ... It was great, got tons out of it

Tenias puestos los audifonos? Escuchaste el sonido?

Didn't hear any audio at all ... I heard every sound

Cuantas veces mas lo usarías?

Never again ... As many times as possible

180 alumnos despues de usar el tutor de Geometria

Como se reflejan actitudes en comportamientos?

Cuales fueron tus actitudes?

- ___ **No queria equivocarme**, por eso pedi ayuda a pesar de que tenia una clara idea de lo que la respuesta podria haber sido (**Miedo R. Incorrecta**)
- ___ Quería **que acabara de una vez**, así que conteste rapido sin prestar mucha atencion
- ___ Quería **desafiarme**: Ver cuantas podia contestar bien, pidiendo la menor cantidad de ayuda posible (**Desafío**)
- ___ Me importaba contestar bien, pero **no me importaba la ayuda, ni aprender con el software**
- ___ Quería **ver si habia otras formas** de resolver el problema, por eso hice click en "ayuda" aunque ya hubiera contestado correctamente
- ___ Trate de pedir ayuda cuando necesitaba, **pero trate de aprender para no necesitar ayuda en el futuro**

Datos de los Logs

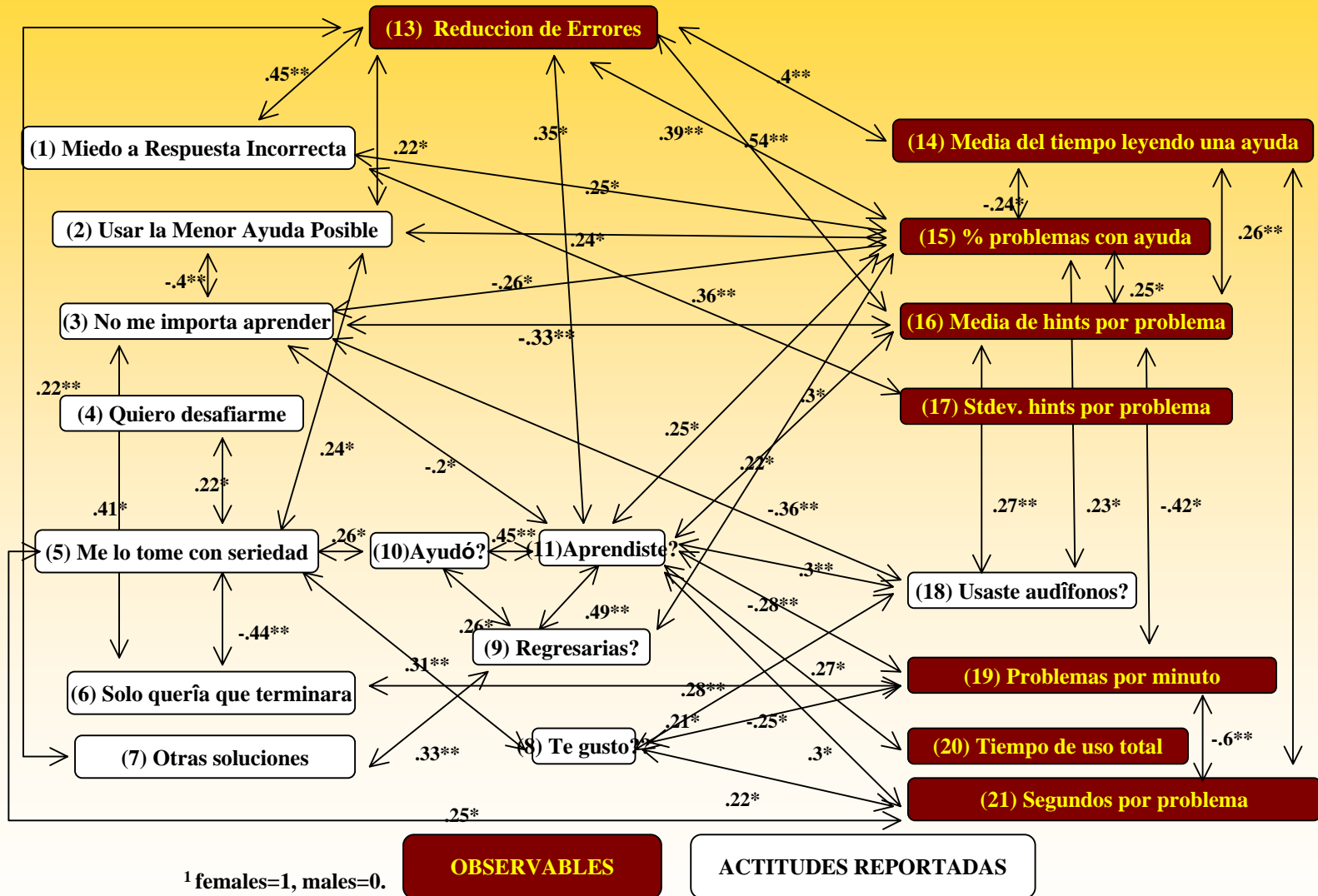
Midiendo comportamientos

Para cada alumno

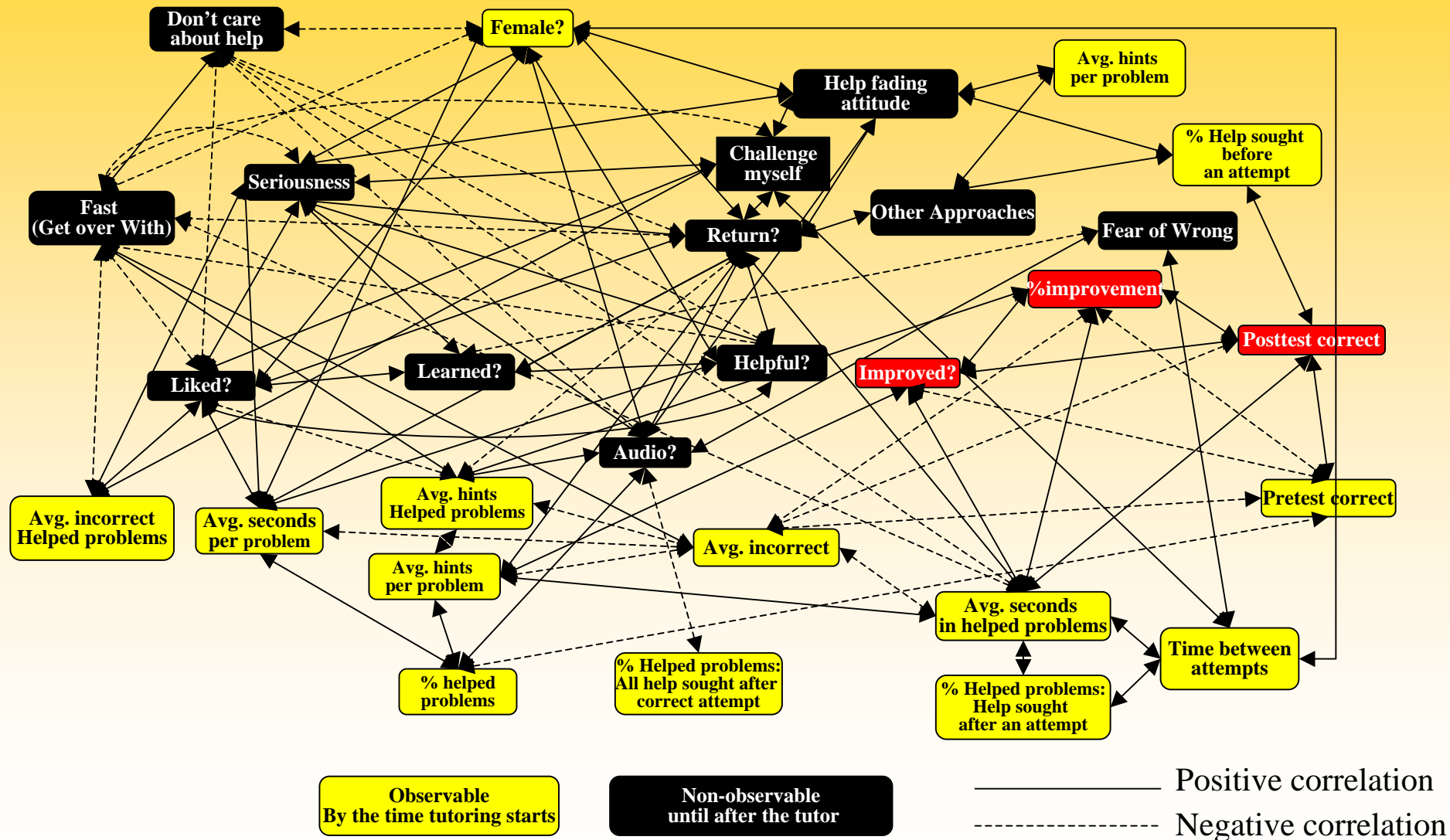
- **Variables que miden tiempo, comportamientos de uso de la ayuda, errores**
 - Media de segundos en un problema
 - Media de segundos en un problema con ayuda
 - Media de ayuda recibida en los problemas donde se pido ayuda
 - Average time between multiple-choice attempts
 - Percentage of helped problems
 - Tiempo total en el sistema
- **Otras variables**
 - Mujer/Varon?
 - Experiencia pasada: % Correct/incorrect en el pretest

Como se reflejan actitudes en comportamientos?

Correlaciones Significativas (Valores R)



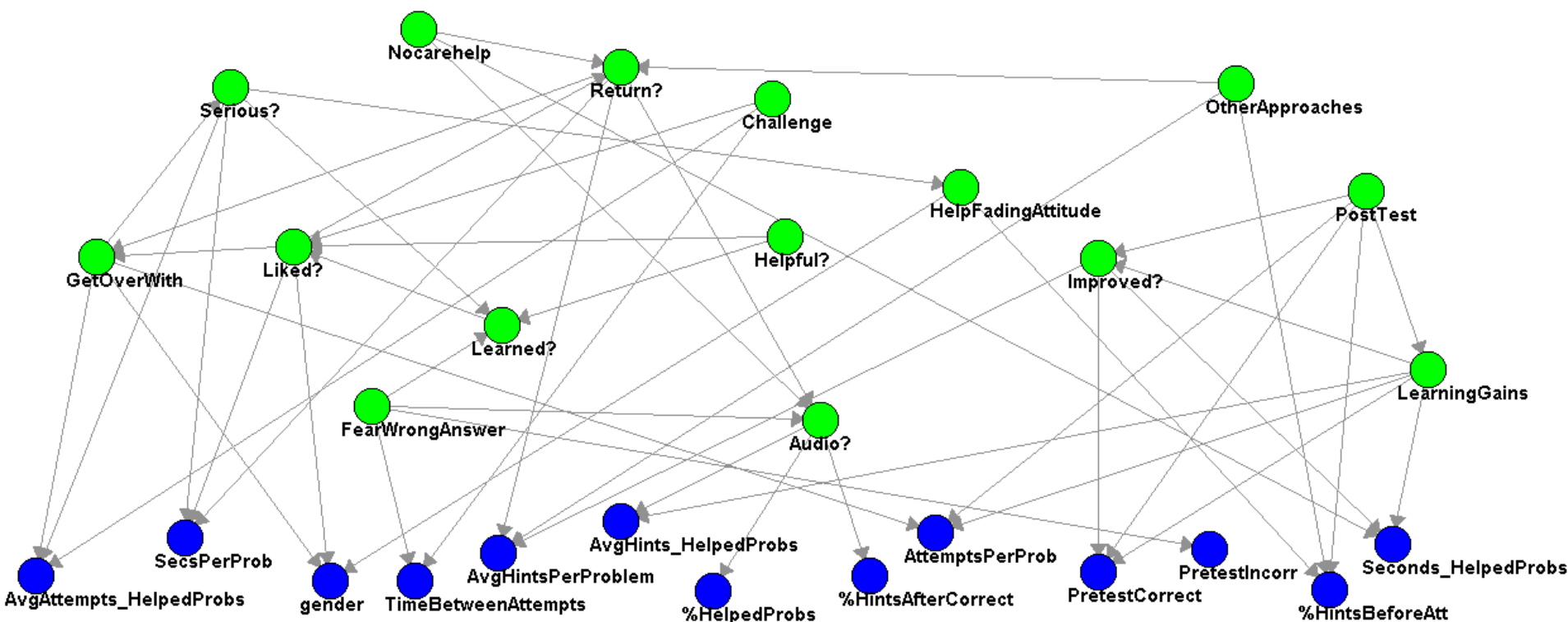
Como se reflejan actitudes en comportamientos?



Aprendizaje de un Modelo Bayesiano de Actitudes a partir de Comportamientos

1) Discretizar variables, con una division en high/low, division en la mediana

Actitudes

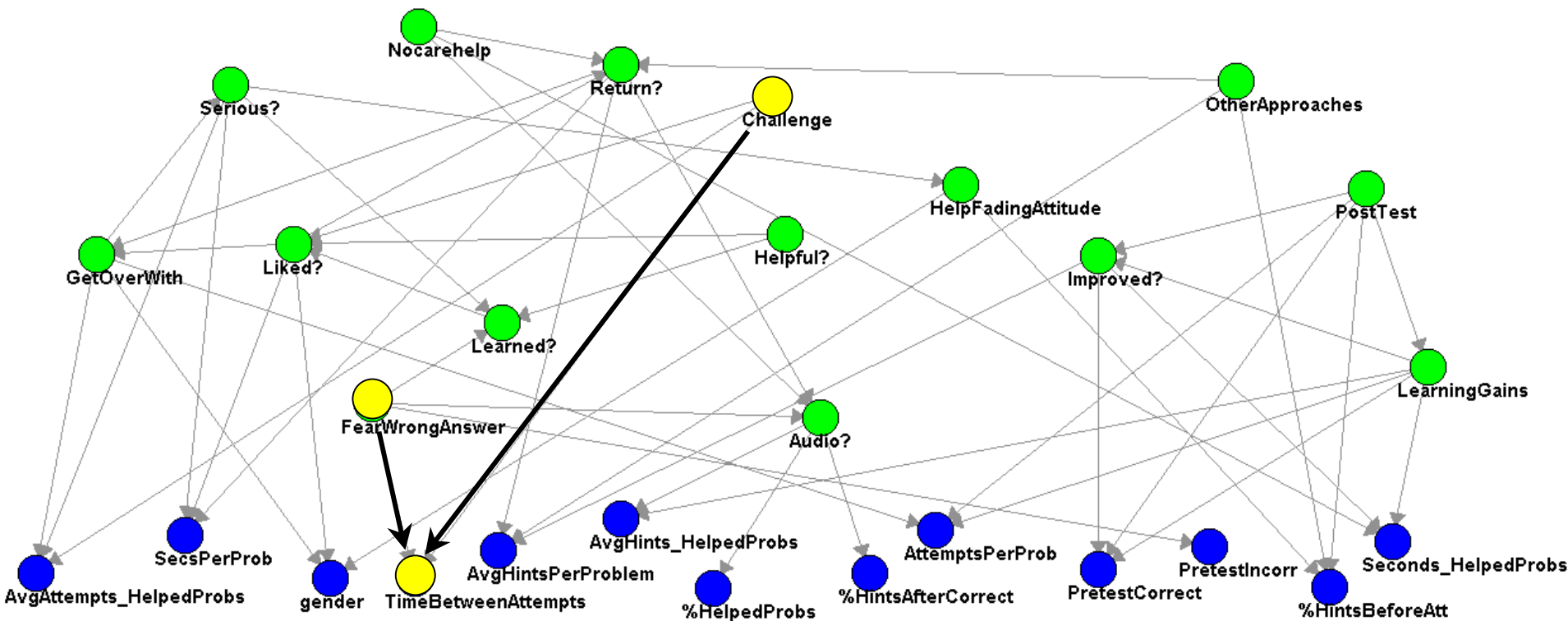


Comportamientos

Arroyo, I., Woolf, B. (2005). [Inferring learning and attitudes from a Bayesian Network of log file data](#) Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education. Amsterdam, 2005. IOS Press.

Aprendizaje de un Modelo Bayesiano de Actitudes a partir de Comportamientos

Aprendizaje de las Tablas de Probabilidad Condicional



2) Estimacion de Parametros (tablas de probabilidad condicional): Maximum Likelihood

Con que nivel de exactitud se predicen actitudes?



Running average de hits / (hits+misses)

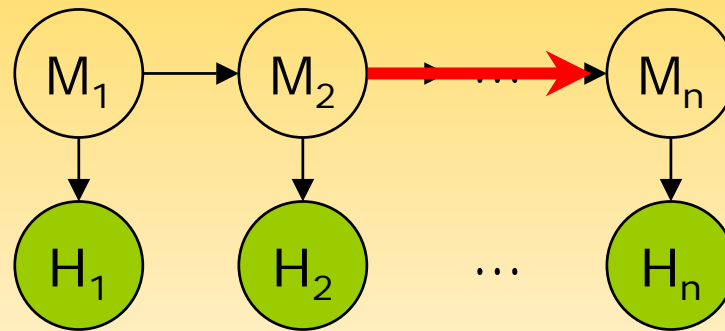
Ventajas y desventajas

- Podemos predecir las actitudes
- ...al momento final de uso del tutor
- No esta claro como reaccionar a estas actitudes...
- Sera mejor un modelo de motivacion temporal, mas simple?

Hidden Markov Model

Jeff Johns and Beverly Woolf. A Dynamic Mixture Model to Detect Student Motivation and Proficiency.
 Proceedings of the Twenty-first National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-06), Boston, MA, 2006

- Un HMM se usa para captar el nivel de motivacion del alumno



M_i (oculto)	H_i (observado)
Desmotivado - Ayuda	Tiempo a la primera respuesta $< t_{\min}$ AND Numero de hints antes de respuesta
Desmotivado - Adivinó	correcta $> h_{\max}$ Tiempo a la primera respuesta $< t_{\min}$ AND Numero de hints antes de respuesta
Motivado	correcta $\leq h_{\min}$ Si ninguno de los otros dos casos es aplicable

Predicciones del Modelo de Motivacion

Problem	Initial Time (s)	$P(M_i = \text{motivated})$	$P(M_i = \text{unmotivated-guess})$
1	40	0.99	0.01
2	44	0.99	0.01
3	13	0.99	0.01
4	19	0.99	0.01
5	7	0.97	0.02
6	22	0.92	0.07
7	35	0.72	0.26
8	2	0.05	0.94
9	2	0.01	0.99
10	3	0.01	0.99
11	2	0.01	0.99
12	2	0.01	0.99

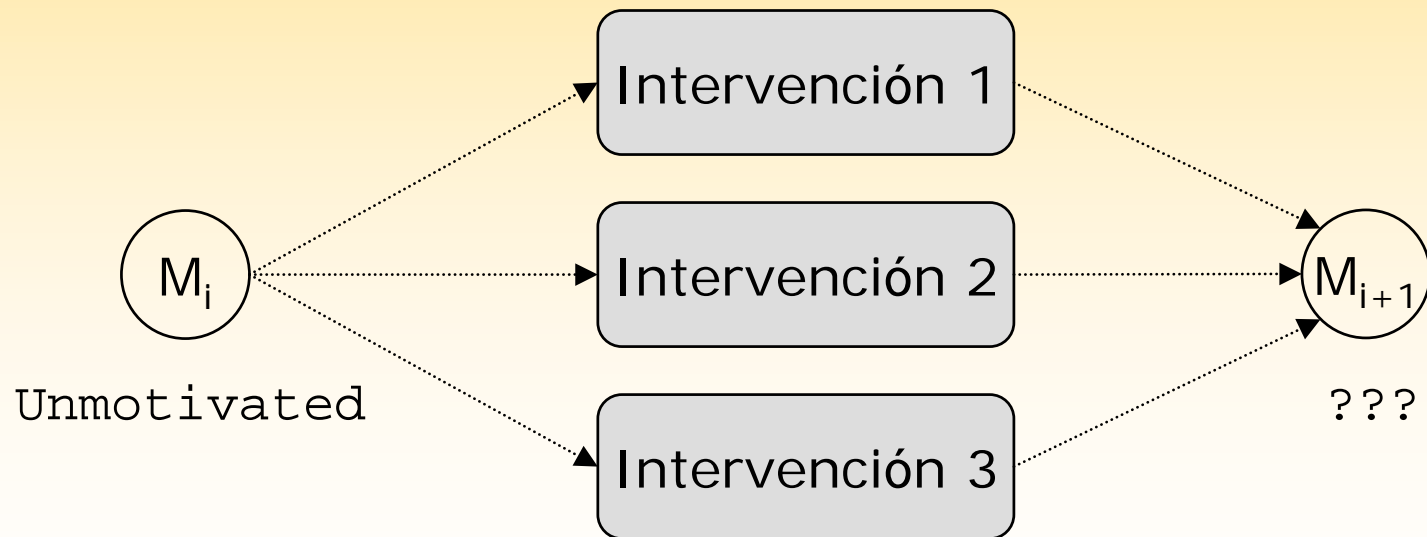
Jeff Johns and Beverly Woolf. A Dynamic Mixture Model to Detect Student Motivation and Proficiency. Proceedings of the Twenty-first National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-06), Boston, MA, 2006

Por ultimo, que hacer al respe

Nuestro nuevo trabajo

Ivon Arroyo, Jeff Johns, Toby Dragon, Andy Barto, Sridhar Mahadevan, Don Fisher, Beverly Woolf

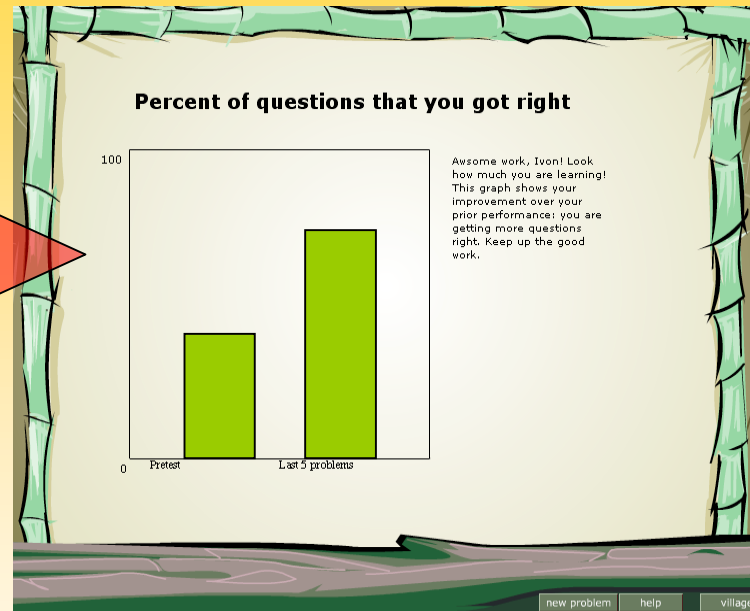
- Diseñar e implementar "intervenciones" para mostrar cuando el alumno no esta motivado.



Que hacer al respecto?

- Lo que no funciona
 - Bloquear al alumno a cada paso cuando se "portan mal", y decirles como deberian comportarse (Aleven, 2006)
- Lo que si funciona
 - Ofrecer ejemplos de como resolver un problema parecido (Baker, 2006)
 - Mostrar qué es lo que esta sucediendo, entre medio de dos problemas (Arroyo, no publicado)

Mostrar al alumno su seguimiento



Barra izquierda:

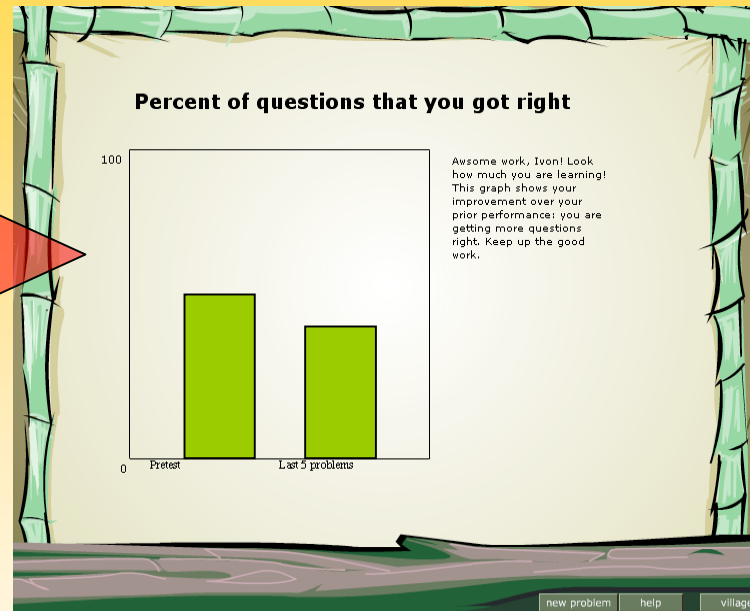
Pre-test

Barra derecha:

Ultimos 5 Problemas

Muy buen trabajo, Juan! Este grafico muestra el porcentaje de problemas que contestaste bien ultimamente, comparado con los problemas del test inicial. Mira cuanto estas aprendiendo! Seguí asi!

Mostrar al alumno su seguimiento



Barra izquierda:
Pre-test
Barra derecha:
Ultimos 5 Problemas

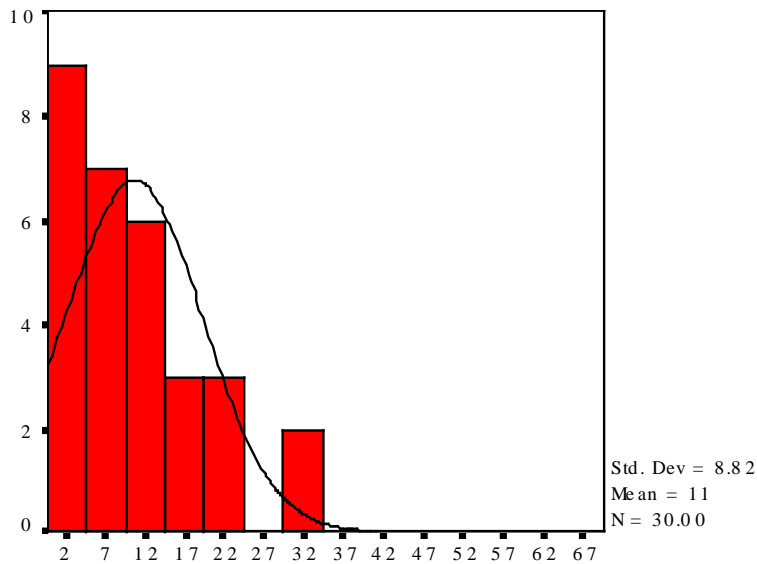
Juan, este grafico muestra que no has estado mejorando en el numero de respuestas que contestas correctamente. Pero PODES CAMBIAR ESTO: si lees el problema con cuidado, y te tomas tu tiempo para leer y escuchar la ayuda que te da el sistema.

El efecto de esta intervencion

Cuantos segundos pasan los alumnos prestando atencion a un hint?

Problema ANTES de ver la performance

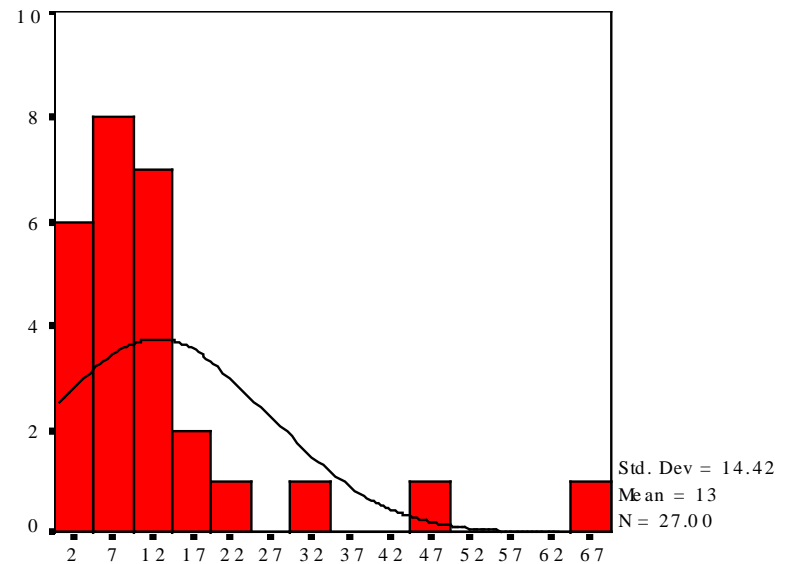
Segundos leyendo una ayuda



Before: Time spent between pairs of hints

Problema DESPUES de ver la performance

Segundos leyendo una ayuda



After: Time spent between pairs of hints

Inferencias del modelo de motivacion:

_____ #Alumnos antes de intervenir

_____ #Alumnos despues de intevenir

Abuso ayuda 8 10 15 20 20

INTERV 7 8 11 10 12

Quick-guess 40 37 33 53 58

INTERV 32 38 36 34 38

Nuestro proximo trabajo

- Diseño de distintos tipos de intervenciones
 - Dar control al alumno
 - Dar ejemplos sobre como resolver un problema parecido
 - Mostrar la performance del alumno
- Reaccionar cuando el alumno esta desmotivado
 - Algunas funcionaran mejor para unos que otros
- Optimización:
 - Un algoritmo tipo "run-and-twiddle" que busca la mejor configuración relativa

Resumiendo...

- Los sistemas Inteligentes de Enseñanza
 - Contienen un modelo del alumno, de:
 - Habilidades
 - Afecto, Meta-habilidades
 - Toman decisiones basados en un nivel de abstraccion mas alto
 - Son efectivos
 - Reducen errores cometidos
 - Mejores que un aula de 30 alumnos y 1 profesor
 - Impactan la performance en tests estandarizados
 - Ideales para complementar la enseñanza tradicional

El futuro

- Gran futuro, bastantes posibilidades de subsidios
 - Mucho énfasis en Nuevas Tecnologías y Educación
 - Énfasis en mejorar la performance en tests estandarizados
- Mejorar modelos
 - Mejorar el ancho de banda
- Mejorar pedagogía, optimización
 - Encontrar pedagogías que prueben ser efectivas
 - Multimedia, compañeros de aprendizaje
 - Auto-explicación
 - Encontrar grupos que responden mejor a ciertas pedagogías
- Mejorar los sistemas a partir de usuarios previos
 - <http://educationaldatamining.org>

The end

Sistemas Inteligentes de Enseñanza/Aprendizaje

International Conference on Artificial Intelligence in Education
Los Angeles, CA. July 9-13, 2007

AIED Society: <http://aied.inf.ed.ac.uk/aiedsoc.html>

Ivon Arroyo, Ed.D, M.S.
Research Associate
Computer Science Department
University of Massachusetts Amherst

<http://www.cs.umass.edu/~ivon>

Pueden bajar esta presentacion de mi web site



Otros temas que ni mencioné

- Adaptive and intelligent multimedia and hypermedia systems
- AIED and teacher education
- architectures for AIED systems
- authoring systems and shells for AIED systems
- case-based systems
- computer-assisted language learning
- computer-supported collaborative learning
- dialogue (argumentation, explanation, negotiation, etc.)
- discovery environments and microworlds
- distributed learning environments
- educational robotics
- embedded training systems
- qualitative reasoning in simulations
- situated learning and cognitive apprenticeship
- social and cultural aspects of learning
- Support for knowledge building communities
- support for networked communication
- theories of learning and conceptual change
- tools for administration and curriculum integration
- tools for the guided exploration of information resources
- virtual learning environments
- virtual reality based learning systems
- web-based AIED systems

Otra forma emprírica de Aprender Dificultad de un Problema

$$diff_level_{p_i} = \frac{diff_hints_{p_i} + diff_time_{p_i} + diff_attempts_{p_i}}{3}$$

$$diff_hints_{p_i} = \frac{SM^s(n_hints_seen_{p_i})}{\max_{p_j=1..m} (SM^s(n_hints_seen_{p_j}))}$$

$$diff_time_{p_i} = \frac{SM^s(timeInProblem_{p_i})}{\max_{p_j=1..m} (SM^s(timeInProblem_{p_j}))}$$

$$diff_attempts_{p_i} = \frac{SM^s(n_attempts_{p_i})}{\max_{p_j=1..m} (SM^s(n_attempts_{p_j}))}$$

*SM^s = Sample Mean
for students sj, j=1..n
n = total valid students*

Otro ejemplo: Math Forum

Repositorio de Matematicas para chicos del secundario

The Math Forum @ Drexel University

http://mathforum.org/

AW-Correct AW-getProblem AW-Login Incorrect-Local Correct-Local Login-local NextProblem-local Help-Local

Mathforum The Math Forum @ Drex...

The Math Forum @ Drexel
PEOPLE LEARNING MATH TOGETHER

Home Math Help Problems & Puzzles Math Talk Resources & Tools About The Math Forum

Welcome What's New Students Educators Parents & Citizens Researchers

Using technology to expand the classroom and explore mathematics

Welcome

Doing math this summer? Check out our **Summer PoWs**. ▶▶

The Math Forum Is...

... the leading online resource for improving math learning, teaching, and communication since 1992.

We are teachers, mathematicians, researchers, students, and parents using the power of the Web to learn math and improve math education.

We offer a wealth of problems and puzzles; online mentoring; research; team problem solving; collaborations; and professional development. Students have fun and learn a lot. Educators share ideas and acquire new skills.

Explore our popular programs

Problems of the Week

[BUY NOW](#)

Interesting problems you can answer online or offline with an opportunity for feedback from mentors on problem-solving and communication skills ▶▶

Ask Dr. Math

Mathematics advice from experts and professional volunteers thinking about your questions ▶▶

Math Tools

Explore the world of online tools for understanding math concepts and "talk" with teachers using them in the classroom ▶▶

Teacher2Teacher

Colleagues from around the world working together to address the challenges of teaching and learning ▶▶

Shop@The Math Forum

- Educator Packages
- Student Memberships
- Ask Dr. Math Books
- Teacher Courses
- Join The Math Forum

Search The Math Forum

Search

The Math Forum
is sponsored in part by
Texas Instruments

FREE COURSES for PRE-SERVICE TEACHERS

El problema de la semana

The Math Forum Algebra POW

http://mathforum.org/algpow/view.ehtml?puzzle=294

AW-Correct AW-getProblem AW-Login Incorrect-Local Correct-Local Login-local NextProblem-local Help-Local Daily news

POW


[2005-06 Calendar](#)
[Latest Solution](#) s
[Teacher Office](#) s

[Scoring Guide](#)
[About Mentoring](#)
[Become a Mentor](#)

[Current PoWs](#) s
[Problems Library](#) s

[Pricing Guide](#)
[Purchase Online](#)

A project of
[The Math Forum](#)
[@ Drexel](#)



s = requires subscription to access actual content


algebra
problem of the week

[Print This Problem](#) | [Teacher Support Page](#)

Summer: An Expanding Circle - posted August 7, 2006

When the radius of a circle was increased by 6 inches, the area of the circle increased by 125%. What was the length of the original radius?

Extra: Juanita and Kelly were tossing pebbles into a pond, and noticed that each pebble's splash made a circular ripple which grew larger and larger. Juanita observed that the ripple traveled at a steady speed as it moved outwards. In other words, the diameter of the circle increased by the same amount each second. Kelly wondered if the area of the circle also increased at a steady speed. What do you think? Be sure to explain your answer clearly.



NOTE: When you get to the page where you enter your answer, please check a box to let us know [what level of mentoring you want](#).

[Submit your answer to Summer: An Expanding Circle](#)
OR
[Get help with "Summer: An Expanding Circle"](#)

Modelado de una unica habilidad

Enfoque psicometrico, habilidad continua

Jeff Johns, Sridhar Mahadevan, Beverly Woolf. Estimating Student Proficiency Using an Item Response Theory Model. Proceedings of the Eighth International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS-06), Jhongli, Taiwan, 2006.

- Tutoria de preparacion para el Scholastic Aptitude Test, alumnos de 16-17 años
- Variables aleatorias
 - $U_i \in \{\text{correcta}, \text{incorrecta}\}$ respuesta al problema i
 - $\theta \in \mathcal{R}$ representa la habilidad del alumno

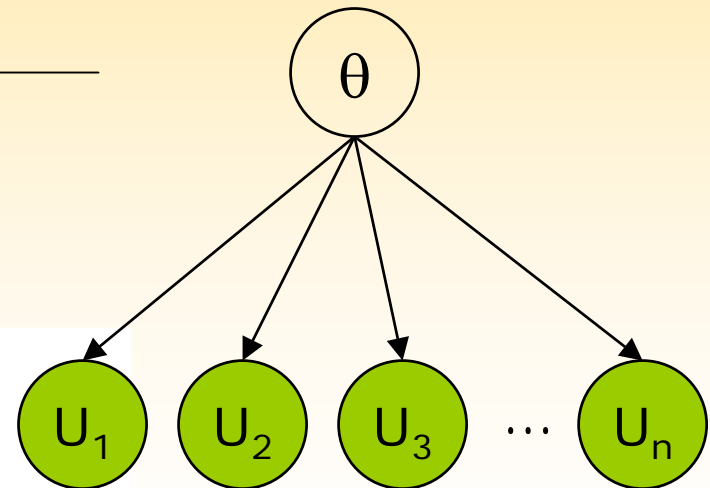
$$\theta \sim N(0, 1)$$

Parametros del modelo:

$P(U_i | \theta)$ se modela usando

Una curva de item caracteristico

$$P(U_i = \text{correct} | \theta) = c_i + \frac{1 - c_i}{1 + \exp(-a_i(\theta - b_i))}$$



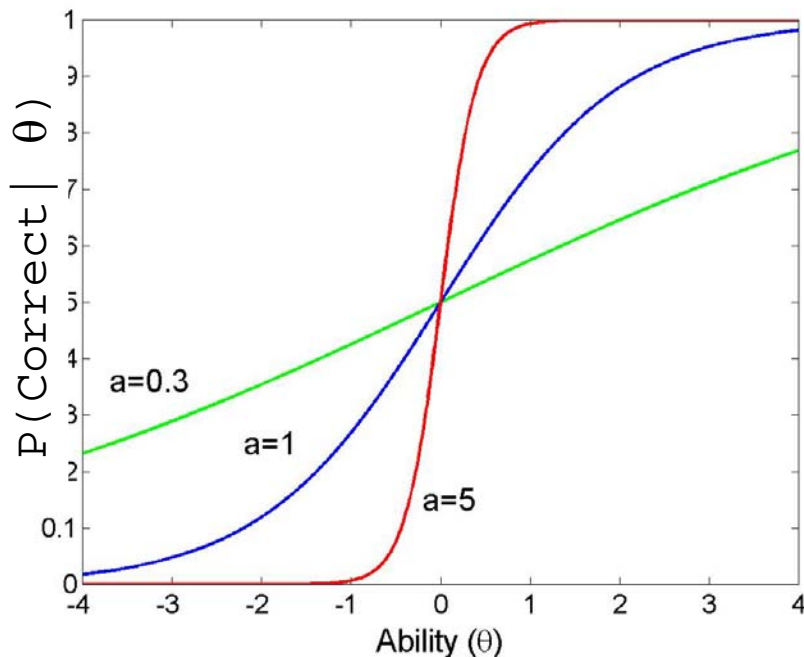
Curva de Item Característico

Parametros del modelo bayesiano

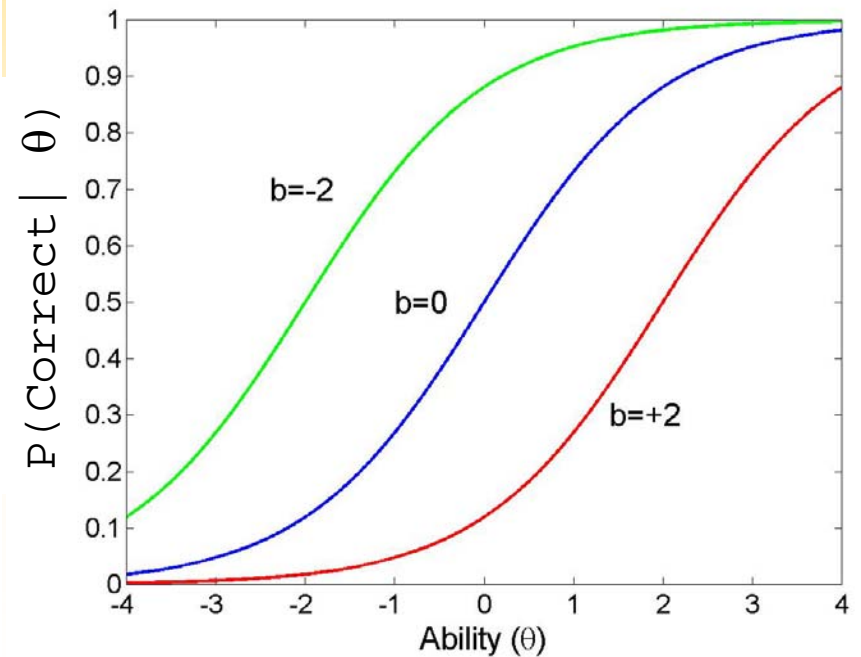
- Curva Logistica de dos parametros (a, b) que relaciona la habilidad (θ) a la probabilidad de una respuesta correcta
- Probabilidad de responder correctamente, dada una habilidad especifica:

$$P(U_i = \text{correct} | \theta) = c_i + \frac{1 - c_i}{1 + \exp(-a_i(\theta - b_i))} \quad (1)$$

Parametro de Discriminacion (a)

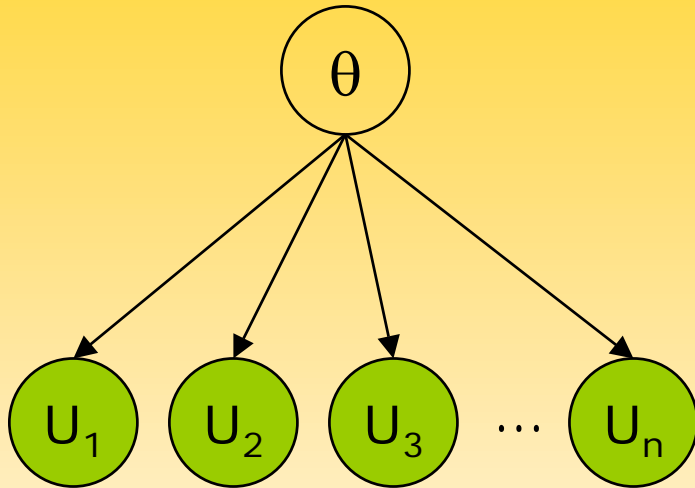


Parametro de Dificultad (b)



Student Modeling

Aprender (estimar) $P(U_i | \theta)$ para cada problema



Inferencia de conocimiento, dadas respuestas parciales de un alumno

5-fold crossvalidation

Parametros (a,b) estimados a partir del 90% de los alumnos (320 alumnos)

Inferencias testeadas para el 10% restante (80 alumnos)

Dado u_1 , predecir u_2

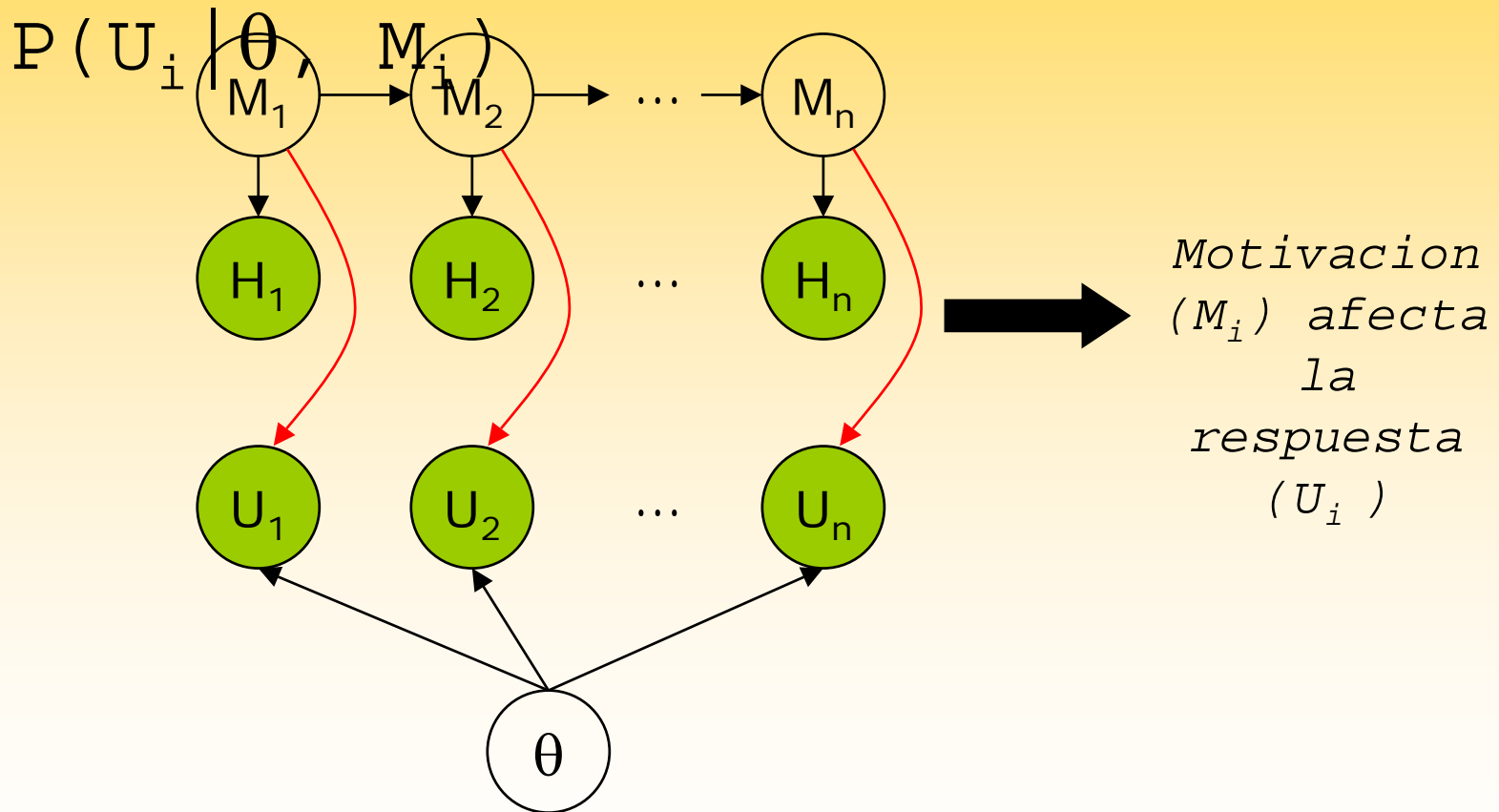
Dados u_1, u_2 , predecir u_3

70% de las respuestas a problemas se predijeron correctamente

Lo ideal:

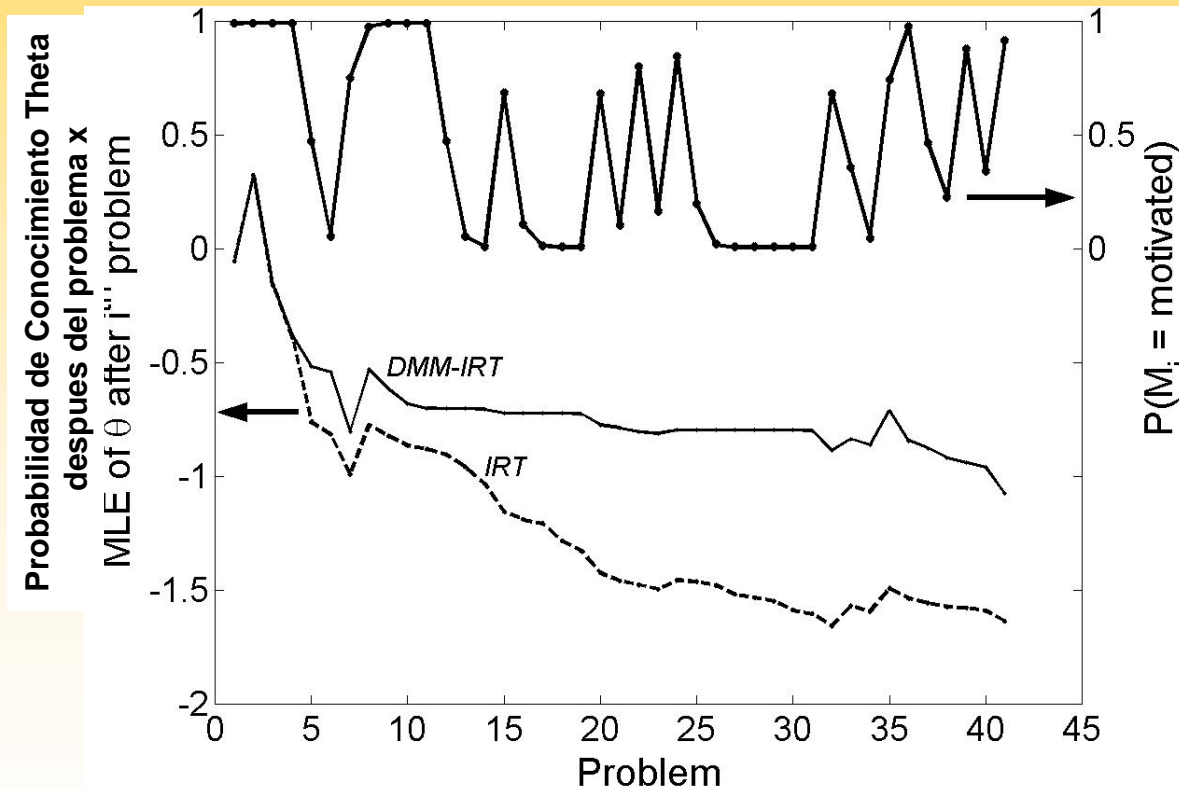
Combinar motivacion y habilidad

- Nuevos links (en rojo) cambian las TPC afectando la respuesta:



Separando habilidad de motivacion

El modelo combinado no baja la estimacion de habilidad



Estimacion de parametros

P(tiempoEntreRespuestas / MiedoErrores?, Desafío)

Metodo de Maximum Likelihood

Fear of Wrong	Challenge	Time between attempts	Cases (+1)	Probability	
False	False	Low	43	0.64	(1)
		High	24	0.36	(2)
	True	Low	35	0.42	(3)
		High	48	0.58	(4)
True	False	Low	8	0.50	(5)
		High	8	0.50	(6)
	True	Low	7	0.32	(7)
		High	15	0.68	(8)

Informacion interesante se captura con este modelo

MIEDO R. INCORRECTA + DESAFIO ---> LARGO TIEMPO
~ MIEDO R. INCORRECTA + ~ DESAFIO ---> CORTO TIEMPO

Se pueden aprender estos
parametros?

Con el algoritmo de
maximizacion de la esperanza
(EM)

Parametros previos aleatorios $P(\text{guess})$, $P(\text{slip})$ y previa aleatoria para la variable latente

(E) Step

Se generan datos de la variable latente como si fuera observada, siguiendo su distribucion

(M) step,

Estima los parametros de maxima probabilidad (Maximum Likelihood).

Infero una nueva probabilidad latente

SQL-tutor de Cantenbury

The screenshot shows the SQL Tutor application window. The title bar reads "SQL Tutor". The menu bar contains "History", "Help", and "Quit". Below the menu bar, there are two dropdown menus: "database" set to "Movies" and "problem" set to "30". To the right of these are two buttons: "Next Problem" and "System's Choice".

The main instruction area contains the text: "List the titles and numbers of all movies that have won at least one Academy Award and have been made in or after 1988."

The query editor consists of several rows, each with a label on the left and a text input field on the right:

- SELECT: title,number
- FROM: movie
- WHERE: aawon>1 and year>=1988
- GROUP-BY: (empty)
- HAVING: (empty)
- ORDER-BY: (empty)

At the bottom of the query editor are three buttons: "Submit", "Clear", and "Feedback".

Below the query editor is a database schema view titled "MOVIES". It displays a grid of tables and their columns:

- DIRECTOR: NUMBER, LNAME, FNAME, BORN, DIED
- MOVIE: NUMBER, TITLE, TYPE, AANOM, AAWON, YEAR, CRITICS, DIRECTOR
- STAR: LNAME, FNAME, NUMBER, BORN, DIED, CITY
- CUSTOMER: LNAME, FNAME, NUMBER, ADDRESS, RENTALS, BONUS, JDATE
- TAPE: CODE, MOVIE, PDATE, TIMES, CUSTOMER, HIREDATE
- STARS: MOVIE, STAR, ROLE

The schema view includes a vertical scrollbar on the right and a horizontal scrollbar at the bottom.