

# Een Intelligent Tutorsysteem dat Leerlingen Helpt te Leren om Effectief Oefentaken te Kiezen

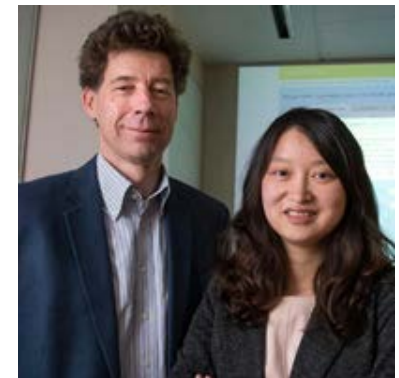
---

Symposium “Zelfregulatie”  
Open Universiteit, Heerlen  
25 Oktober 2017

**Vincent Alevén & Yanjin Long**

Human-Computer Interaction Institute

Carnegie Mellon University



## Een Intelligent Tutorsysteem dat Leerlingen Helpt te Leren om Effectief Oefentaken te Kiezen

**Abstract** Intelligente tutorsystemen, een vorm van onderwijstechnologie dat adaptive, individueel toegesneden begeleiding geeft bij oefenproblemen, zijn (zo wijst onderzoek uit) een zeer effectief hulpmiddel bij het leren van domein-specifieke kennis en vaardigheden. Minder is bekend over of deze systemen ook kunnen helpen bij het leren van zelf-regulatie zoals bijvoorbeeld het kiezen van oefentaken, hetgeen vaak moeilijk is voor leerlingen. Intelligente tutorsystemen zijn daarentegen zeer goed in het kiezen van oefentaken, toegespitst op individuele leerlingen, maar geven de leerling daarbij vaak weinig of geen autonomie. De vraag is dus, hoe kunnen we dit soort systemen herontwerpen zodat ze leerlingen ondersteunen zodat ze leren zelfstandig en effectief oefentaken te kiezen, zichzelf daarbij voor uitdagingen stellen, en goede keuzes maken die helpen bij het leerproces en tot goede resultaten leiden? Het promotie-onderzoek van mijn voormalige AIO Yanjin Long richtte zich op deze vragen middels een studie in Amerikaanse middenscholen. Daarbij gebruikte zij als basis een intelligent tutorsysteem voor het oplossen van vergelijkingen. Ik presenteer deze studie. Dit is geen technisch verhaal; het is gericht op een onderwijskundig publiek zonder achtergrond in IT.

## Voordracht Gebaseerd Op:

Long, Y. (2015). Supporting learner-controlled problem selection in intelligent tutoring systems. Unpublished Ph.D. Thesis, Human-Computer Interaction Institute, Carnegie Mellon University. Pittsburgh, PA.

Long, Y., Aman, Z., & Alevan, V. (2015). Motivational design in an intelligent tutoring system that helps students make good task selection decisions. In C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, & M. F. Verdejo (Eds.), *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2015* (pp. 226-236). New York: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-197

Long, Y., & Alevan, V. (2016). Mastery-Oriented shared student/system control over problem selection in a linear equation tutor. In A. Micarelli, J. Stamper, & K. Panourgia (Eds.), *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2016* (pp. 90-100). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-39583-8\_9

# Relevante Publicaties

- Aleven, V., McLaren, B. M., Roll, I., & Koedinger, K. R. (2016). Help helps, but only so much: Research on help seeking with intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 205-223. doi:10.1007/s40593-015-0089-1
- Long, Y., & Aleven, V. (2013). Skill diaries: Improve student learning in an intelligent tutoring system with periodic self-assessment. In H. C. Lane, K. Yacef, J. Mostow, & P. Pavlik (Eds.), *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education AIED 2013* (pp. 249-258). Berlin Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-642-39112-5\_26
- Long, Y., & Aleven, V. (2014). Gamification of joint student/system control over problem selection in a linear equation tutor. In S. Trausan-Matu, K. E. Boyer, M. Crosby, & K. Panourgia (Eds.), *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2014* (pp. 378-387). New York: Springer. doi:10.1007/978-3-319-07221-0\_47
- Long, Y., & Aleven, V. (2017). Enhancing learning outcomes through self-regulated learning support with an open learner model. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(1), 55-88. doi:10.1007/s11257-016-9186-6
- Long, Y., & Aleven, V. (2017). Educational game and intelligent tutoring system: A classroom study and comparative design analysis. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 24(3). doi:10.1145/3057889

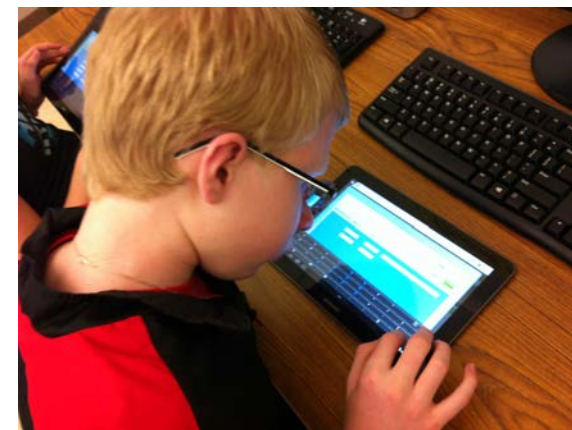
# Inleiding

- Zelfregulatie is belangrijk voor effectief, gemotiveerd leren
- Maar effectief zelfreguleren is moeilijk voor veel leerlingen
  - Goed kiezen van oefentaken vereist domain kennis, motivatie om zichzelf voor uitdagingen te stellen, en accurate zelfbeoordeling
- Intelligente tutorsystemen zijn zeer goed in het selecteren van oefentaken, toegesneden op het individu
- Maar als het systeem de taken selecteert, dan leert de leerling niet om dat zelf te doen!
- Hoe kunnen we zulke systemen aanpassen zodat ze leerlingen helpen te leren om effectief oefentaken te selecteren?
- We hebben een intelligent tutorsysteem (*Lynnette*) aangepast
  - Ondersteuning zowel op cognitie als op motivatie gericht, voor het selecteren van taken
- Hebben deze vorm van ondersteuning getest in een Amerikaanse middelschool

# Overzicht

- Achtergrond: Intelligente Tutor Systemen (ITSs)
- *Lynnette*, een ITS gebruikt in onze studie
- Achtergrond: Zelfgereguleerd leren
- Verkennende study met *Lynnette*
- Herontwerp van *Lynnette*: ondersteuning voor taakselectie
- Evaluatie in een school

# *Lynnette* – Tutorsysteem voor het oplossen van vergelijkingen



# Tutor geeft feedback m.b.t. de *stappen* van een probleem

← Previous
Next →

please solve for x: **15** = **4x + 3**

15-3

=

4x+3



# Tutor geeft aanwijzingen (“hints”) voor de volgende stap

Subtract 3 from both sides.

← Previous

Next →

please solve for x:  $15 = 4x + 3$

=

# Tutor wijst op niet-optimale strategieën

Mathematically, what you did is correct, but unfortunately, you are back to  $15 = 4x + 3$ , the same equation as before. To make progress, add or subtract something other than  $4x$ .

← Previous

Next →

please solve for x:  $15 = 4x + 3$

$$15 - 4x = 3$$

$$15 = 4x + 3$$

$$=$$

# Tutor herkent verschillende oplossingsstrategieën

The screenshot shows a tutoring interface for solving the equation  $3(-2 + x) = 9$ . At the top, there is a large empty text box for the user's answer, with "Previous" and "Next" navigation buttons below it. To the right are "Hint", "Undo", and "Done" buttons. The problem text reads "please solve for x:  $3(-2 + x) = 9$ ". Below this, the solution steps are shown in a blue area:

- Step 1:  $-2+x = 3$ . The operation "Divided" is applied with the value "3" to both sides.
- Step 2:  $x = 5$ . The operation "Added" is applied with the value "2" to both sides.
- Step 3: Two empty input boxes are provided for the final step of the solution.

# Tutor volgt de oplossing van de leerling

← Previous
Next →

**please solve for x:  $3(-2 + x) = 9$**

-2+x

=

3

What did you do?

# Ander Intelligente Tutor Systemen

Catering service "No Meat, Just Eat!" takes care of all the vegetarian snacks at parties. They provide catering of 15 snacks per guest plus 60 snacks as backup.

- How many snacks does the catering service need for a 10 person party?
- How many snacks does the catering service need for a party of 42 guests?
- For a party with 210 people, how many snacks will they need?

Now, use the line you have drawn to answer 4 and 5 below.

- How many guests are there at a party if they cater 1455 snacks?
- The company has 4815 snacks left in stock in total. What is the maximum number of guests that can be catered?

Quantity	Name	party size	snacks
Unit		people	snacks
Question 1		10	210
Question 2		42	690
Question 3		210	3210
Question 4		93	1455
Question 5		317	4815

Equation  $y = 15 * x + 60$

Buttons: ? Hint, i instructions, Previous, Next, Done

**MathTutor**  
Aleven, McLaren, et al.

Now that you've seen the result...

Was your prediction correct?

yes  
no  
close but not quite

In this clip from the end of the school year, the two oldest students are about to hear the results of their exams and whether they will move on to middle school the following year.

Continue

**Intercultural Competence Tutor**  
Ogan, Aleven, & Jones

Atoms and Electrons

A Let's revisit the Bohr model for chlorine!

B Let's revisit the energy diagram for chlorine!

C Let's look at the differences between these diagrams!

- Regarding the electrons, the Bohr model shows electrons as dots, whereas the energy diagram shows electrons as arrows.
- The Bohr model shows the relative energy levels of orbitals, whereas, the energy diagram shows the relative energy levels of orbitals and shells.
- Regarding the spin states of electrons, the Bohr model shows spin with the direction of the arrow, whereas the energy diagram shows spin with the direction of the arrow.

Buttons: ? Hint, Periodic Table, Check, Previous, Next

**ChemTutor**  
Rau, et al.

1. Metaphorically, cancer is a problem with a cell's accelerator and brake. The accelerator is the set of pathways that switch on cell growth (cell cycle progression). The brake is the set of pathways that instruct a cell to self-destruct for the good of other cells (apoptosis).

(Monti et al., 2012) performed a genomic analysis of 180 Diffuse Large B Cell Lymphomas. Two types of data were collected: copy number alterations and transcriptional variations. They were interested in mutations which affected the regulation of signaling proteins in cell cycle, apoptosis and p53 pathways. They were also interested in how these changes in gene sequences might affect the transcription of proteins in cancer pathways.

To explore this further, Dr. Monto and his colleagues:

- Identified genes with copy number alterations (CNAs) from normal cell genotypes.
- Generated a transcriptional profile of the genes affected by the CNAs (using a computational technique called "Gene Set Enrichment Analysis").
- Performed a pathway analysis (they looked at known pathways to filter CNAs/genes to examine more closely).

For this problem your task is to summarize how the CNAs affect the behavior of

Genotype	For each copy loss or gain, explain the impact on the cellular pathways.	Change (+/-/0) in Cell Cycle, Apoptosis (+ = increase, - = decrease)	Phenotype (Impact on Cell Proliferation)
Copy Number Alteration (CNA)			
Gain in expression of cyclinD3	Gain in expression of cyclinD3	+	small increase in cell proliferation
Homozygous copy gain in p16	Loss of expression of p16	-	small increase in cell proliferation
Homozygous copy loss of p16	Loss of expression of p16	-	small increase in cell proliferation
Homozygous copy loss of Scd5n	Loss of expression of Scd5n	0	no impact on cell proliferation
Heterozygous copy loss of Scd5n	No reduced expression of Scd5n	0	no impact on cell proliferation
Heterozygous copy gain in BCL2L12	Gain in expression of BCL2L12	+	no impact on cell proliferation

Buttons: ? Hint, Done

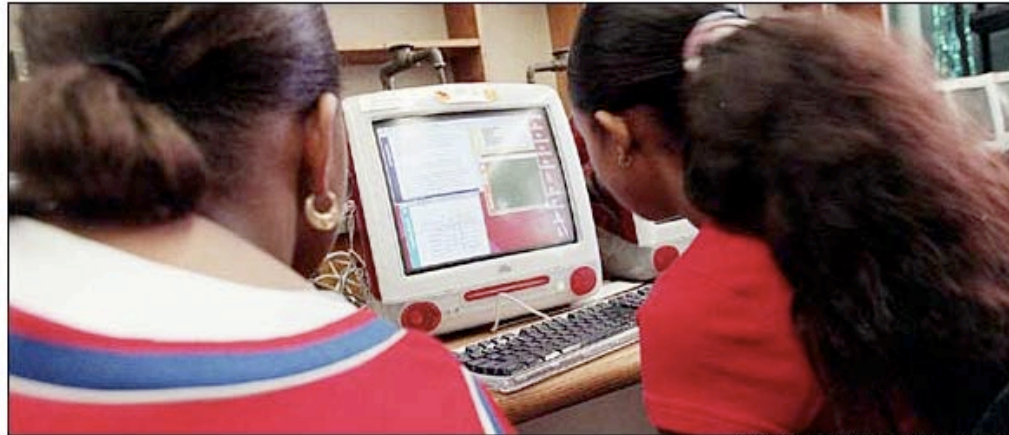
**Genetics Tutor**  
Corbett et al.

# Real-world Impact of ITSs: Cognitive Tutor

The New York Times

## Technology

### Software Tutors Offer Help and Customized Hints



Chris Maynard for The New York Times

MATH COACH - Rochelle Brown, left, and Iesha Antonetti, students at Middle School 103 in the Bronx, use Cognitive Tutor software to reinforce math skills. The software is designed to give students individualized instruction when personal attention is scarce.

- Spin-off bedrijf Carnegie Learning, Inc. (1998)
- 500,000 leerlingen per jaar

<http://www.carnegielearning.com/>



# Evaluaties van de Effectiviteit van ITSs

- Vier meta-analyses tonen aan dat ITSs vaak betere leerresultaten geven dan andere vormen van onderwijs

(Kulik & Fletcher, 2015; Ma, Adesope, Nesbit, & Liu, 2014; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013; 2014)

- Een meta-analyse toont aan dat ITSs bijna net zo effectief zijn als individueel lesgeven (door een tutor)

(VanLehn, 2011)

- Studie met 17.000 leerlingen toont aan dat leerlingen van een algebra curriculum met ITS twee maal zo veel leren als bij “business as usual”

(Pane, Griffin, McCaffrey, & Karam, 2014)

## Terzijde: Waarom zijn ITSs effectief?

- Oefening
- Tijdige feedback en hints
- Interface dat “denken zichtbaar maakt”
- Begeleiding m.b.t. de *stappen* van problemen
- Adaptief (op individuele basis) selecteren van oefentaken
- Ontwerp op basis van “cognitive task analysis” en leerprincipes



# Effectiviteit: Hulp *Binnen* Problemen

The screenshot shows the 'Cognitive Tutor Algebra I' interface. The main window displays a sequence of steps to solve the equation  $-6 + 2y = 7$ . Each step is accompanied by a button indicating the operation performed, such as 'Subtract -6 from both sides', 'Combine like terms in  $7 - (-6)$ ', 'Perform multiplication', 'Simplify signs', 'Divide both sides by 2', and 'Simplify fractions in  $\frac{2y}{2}$ '. The final solution is  $y = \frac{13}{2}$ . The interface includes a 'Solver' panel on the right with 'Transform' and 'Simplify' sections, and a top navigation bar with 'Instructor Preview', 'Examples', 'Hint', 'Done', and 'Skills' buttons.

Stapsgewijze begeleiding  
Cognitive Tutor Algebra

The screenshot shows the 'Khan Academy' interface for solving the equation  $4b + 5 = 1 + 5b$ . The problem is presented as 'Solve for b.' with the equation  $4b + 5 = 1 + 5b$  and a text input field for the answer, which contains '12'. Below the equation, there are three hints:
 

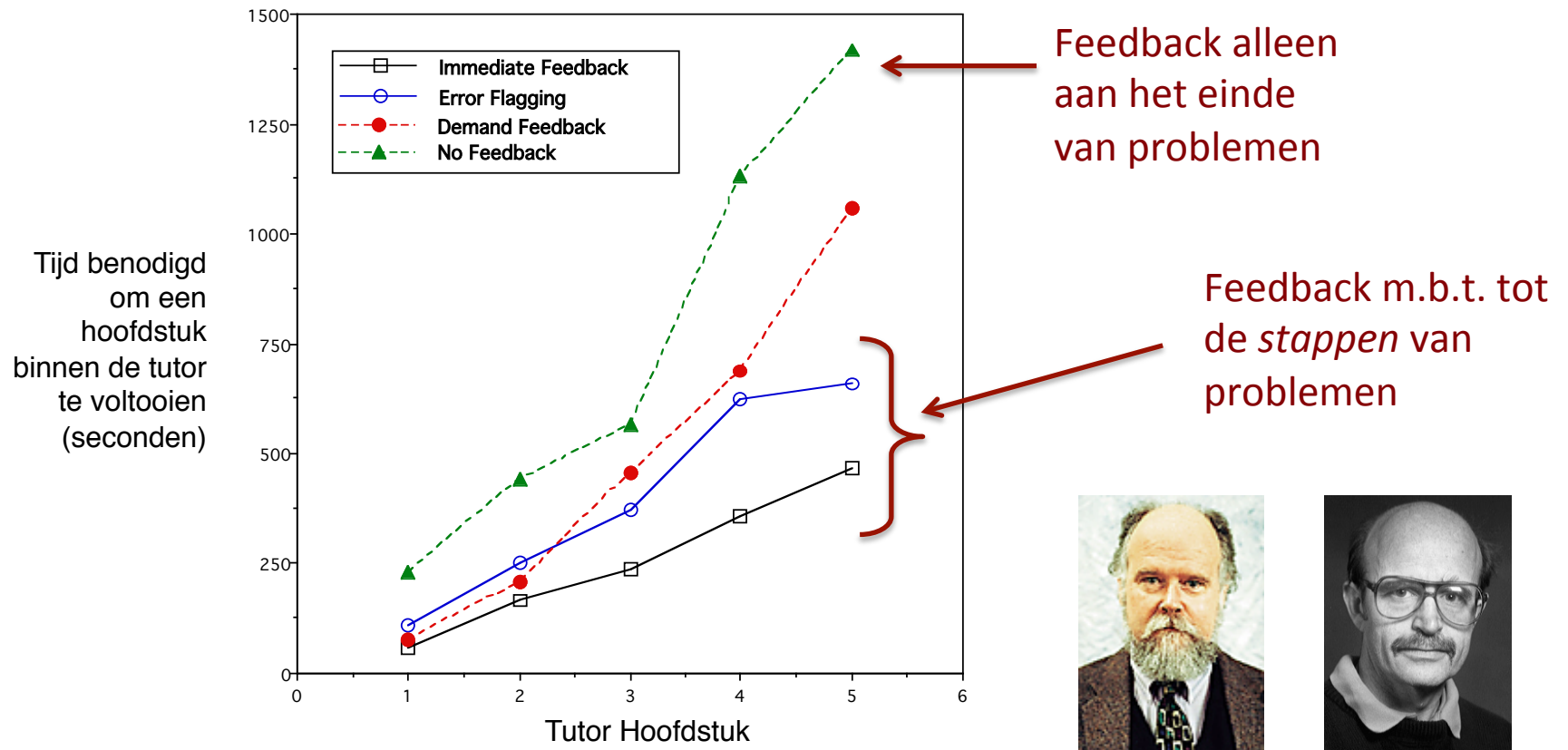
- 1/3 We need to manipulate the equation to get  $b$  by itself.
- 2/3  $4b + 5 = 1 + 5b$ 
  - $4b + 5 - 5b = 1 + 5b - 5b$  Subtract 5b from each side.
  - $-b + 5 = 1$  Combine like terms.
  - $-b + 5 - 5 = 1 - 5$  Subtract 5 from each side.
  - $-b = -4$  Combine like terms.
  - $\frac{-b}{-1} = \frac{-4}{-1}$  Divide each side by -1.
  - $b = 4$  Simplify.
- 3/3 + Get another hint (2/3)

 The interface includes a 'Practice' section on the left and a top navigation bar with 'Khan Academy' and 'New user / 3'.

Geen stapsgewijze begeleiding  
Khan Academy

# Studie over Feedback met de LISP Tutor

Benodigde tijd om problemen op te lossen  
Met 4 verschillende manieren om feedback te timen



Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (2001). Locus of feedback control in computer-based tutoring: Impact on learning rate, achievement and attitudes. In J. Jacko, A. Sears, M. Beaudouin-Lafon, M. & R. Jacob (Eds.), *Proceedings of ACM CHI'2001 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 245-252). New York: ACM Press.

# Effectiviteit: Cognitive Mastery Taakselectie op Individuele Basis

Cognitive Tutor Algebra II

File Tutor Go To View Help

14 - Linear and Quadratic Transformations

Instructor Preview

5 - Using Multiple Transformations

Table of Contents Lesson

Scenario

Using the Quadratic function as a function, create the transformation obtained by shifting left 1 unit and dilating the basic function 0.5.

## Berekenen van de staat van kennis van een leerling

- Na iedere mogelijkheid een vaardigheidscomponent toe te passen wordt de waarschijnlijkheid dat deze vaardigheid nu beheerst is,  $p(L_n|E_n)$ , als volgt berekend:

$$p(L_n|E_n) = p(L_{n-1}|E_n) + (1 - p(L_{n-1}|E_n)) * p(T)$$

Uitwerken mbv het Theorema van Bayes

$$p(L_{n-1}|C_n) = \frac{p(L_{n-1}) * (1 - p(S))}{p(L_{n-1}) * (1 - p(S)) + p(U_{n-1}) * p(G)}$$

$$p(L_{n-1}|Inc_n) = \frac{p(L_{n-1}) * p(S)}{p(L_{n-1}) * p(S) + p(U_{n-1}) * (1 - p(G))}$$

Elke leerling krijgt precies de juiste hoeveelheid oefening

## Skill Meter

toont hoe goed de leerling alle (deel)vaardigheden beheerst

Enter given.

Identify unit.

Calculate input value.

Writing expression, any form.

Place points.

Set axis interval.

Set axis bounds.

# Effectiviteit van Cognitive Mastery

- Studie met een tutor voor Lisp Programming
- Cognitive Mastery vs. Vaste Reeks Problemen
  - 40% meer problemen
  - 14% meer tijd
  - 25% meer accuraat (correct) op de post-test
  - 570% steiging in mastery
  - Effect size:  $d=0.65$

Corbett, A. (2001). Cognitive computer tutors: Solving the two-sigma problem. In M. Bauer, P. J. Gmytrasiewicz, & J. Vassileva (Eds.), *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on User Modeling, UM 2001* (pp. 137-147). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/3-540-44566-8\_14

# Einde Terzijde

# Leertechologieën geven leerlingen vaak veel vrijheid en autonomie



# Achtergrond: Zelfgereguleerd leren (ZGL)



“ZGL wordt beschouwd als een verzameling proactieve processen door middel waarvan leerlingen academische vaardigheden opdoen, zoals het stellen van doelen, het selecteren en gebruiken van strategieën, en het continu beoordelen van de eigen effectiviteit”

Zimmerman, 2008

“SRL is viewed as proactive processes that students use to acquire academic skill, such as setting goals, selecting and deploying strategies, and self-monitoring one’s effectiveness ...”

Zimmerman, 2008

# Fasen en Subprocessen bij Zelfregulatie



Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166-183. doi:10.3102/0002831207312909



# Effectiviteit van ZGL

- ZGL processen leiden aanwijsbaar tot verschillen in academisch leren

(Zimmerman & Martinez-Pons, 1986, Pintrich & De Groot, 1990)

---

# Het Effectief Kiezen van Oefentaken is een Belangrijke ZGL Vaardigheid



Oefentaken die goed aansluiten bij het kennisniveau van de leerling leiden tot een effectief en efficiënt leerproces

(Metcalfe, 2009)

# Het Kiezen van Goede Oefentaken is Vaak Moeilijk

- Kinderen neigen ernaar om “random” taken te kiezen  
(Metcalf & Kornell, 2003; Schneider & Lockl, 2002)
- Leelingen selecteren vaak problemen die ze denken gemakkelijk aan te kunnen  
(Gay, 1986; Bandura, 1994)



# Achtergrond: Zeggenschap over Taakselectie in Onderwijstechnologie

- Betere leerresultaten wanneer de computer problemen selecteert dan wanneer de leerling problemen selecteert (Atkinson, 1972; Mitrovic & Martin, 2003)
- Het zelf selecteren van problemen leidt vaak tot hogere motivatie bij de leerlingen (Clark & Mayer, 2003)

## Ontwerper's Dilemma

- Hoe ontwerpen we onderwijstechnologie die zowel de autonomie van de leerling als ook goede keuzes van oefentaken ondersteunt?

## Eerdere Aanpakken

- ***Gedeelde zeggenschap*** (“*shared control*”) over de oefentaken leidt tot vergelijkbare leerresultaten als wanneer het systeem de taken kiest (Corbalan et al., 2008; Long & Alevan, 2013)

## Onderzoeksvragen

1. Hoe kiezen leerlingen oefentaken als ze daarin (enigszins) de vrije hand hebben?
2. (Hoe) kan onderwijstechnologie (i.h.b. een intelligent tutorsysteem) leerlingen helpen om te **leren** goede keuzes te maken m.b.t. het selecteren van oefentaken?

# Onderzoeksvragen

1. Hoe kiezen leerlingen oefentaken als ze daarin (enigszins) de vrije hand hebben?
2. (Hoe) kan onderwijstechnologie (i.h.b. een intelligent tutorsysteem) leerlingen helpen om te *leren* goede keuzes te maken m.b.t. het selecteren van oefentaken?



# Oefenregel voor het Selecteren van Effectieve Oefentaken

## Oefenregel (“Mastery Rule”)

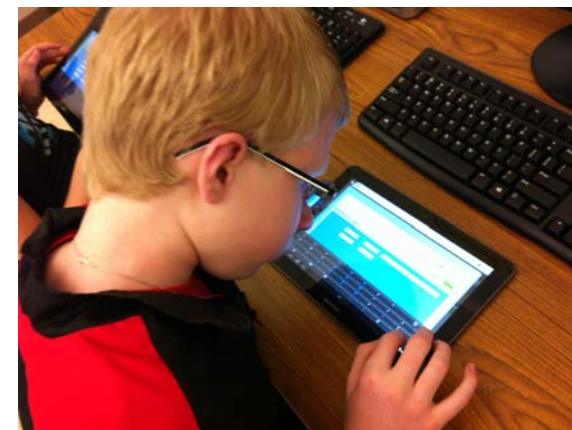
- Oefen ieder type taak totdat je het beheerst.
- Wanneer je een taaktype beheerst, werk aan andere taaktypen.

## Verkennde Studie - Doelen

- Wanneer leerlingen zelf oefentaken selecteren, in hoeverre volgen zij de Oefenregel?
  - Zonder hulp (voor taakselectie)
  - Met enige hulp (namelijk, ze kunnen zien hoe goed ze – volgens het systeem – de verschillende probleemtypen kunnen oplossen – “Open Learner Model”)
- 25 leerlingen (in groep 7) werkten met twee versies van *Lynette* gedurende 2 uur

Long, Y., Aman, Z., & Aleven, V. (2015). Motivational design in an intelligent tutoring system that helps students make good task selection decisions. In C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, & M. F. Verdejo (Eds.), *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2015* (pp. 226-236). New York: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-197

# *Lynnette* – Tutorsysteem voor het oplossen van vergelijkingen



# Opgelost *Lynnette* Probleem

Hint

Undo

Done

← Previous
Next →

please solve for x:  $3(-2 + x) = 9$

<input type="text" value="-6+3x"/>	=	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="Distributed"/>	--	<input type="text" value="to the left side"/>
<input type="text" value="-6+3x+6"/>	=	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="Added"/>	6	<input type="text" value="to/from both sides"/>
<input type="text" value="3x"/>	=	<input type="text" value="15"/>			
<input type="text" value="3x/3"/>	=	<input type="text" value="15/3"/>	<input type="text" value="Divided"/>	3	<input type="text" value="to/from both sides"/>
<input type="text" value="x"/>	=	<input type="text" value="5"/>			
<input type="text" value=""/>	=	<input type="text" value=""/>			

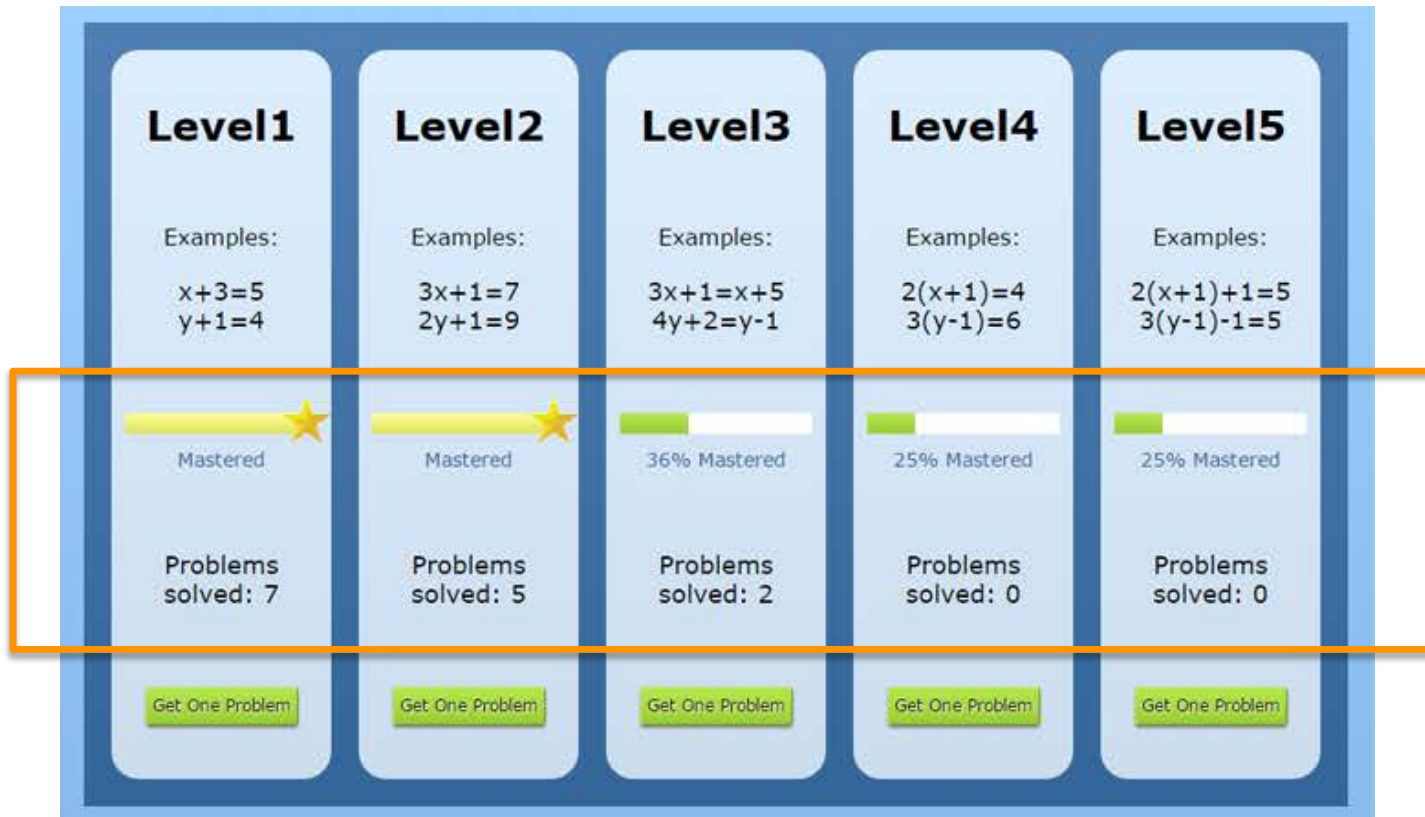
# Taken Selecteren Zonder Hulp



Level1	Level2	Level3	Level4	Level5
Examples: $x+3=5$ $y+1=4$	Examples: $3x+1=7$ $2y+1=9$	Examples: $3x+1=x+5$ $4y+2=y-1$	Examples: $2(x+1)=4$ $3(y-1)=6$	Examples: $2(x+1)+1=5$ $3(y-1)-1=5$
Get One Problem	Get One Problem	Get One Problem	Get One Problem	Get One Problem

- De leerling kiest het niveau (“Level”)
- Het systeem kiest vervolgens het specifieke probleem (een vorm van “gedeelde zeggenschap”)

# Taken Selecteren m.b.v. Mastery Informatie

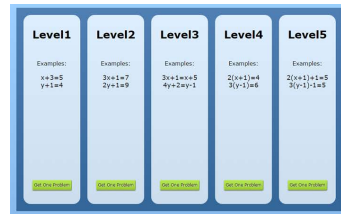


Geeft aan hoe goed de leerling ieder niveau beheerst (volgens het systeem)

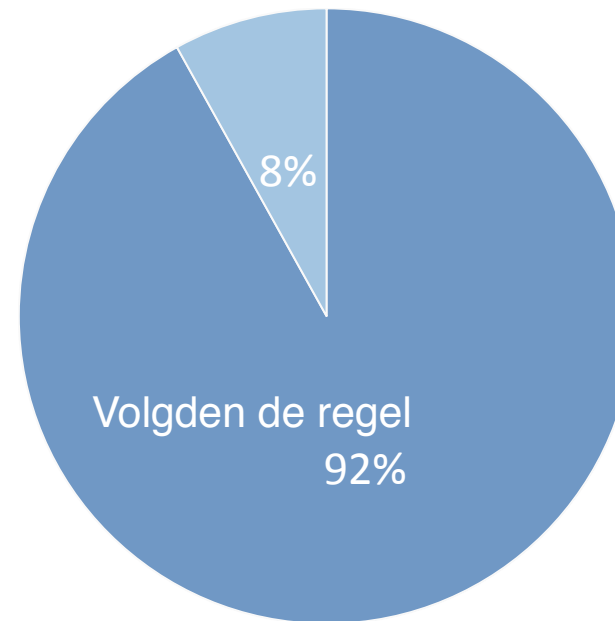
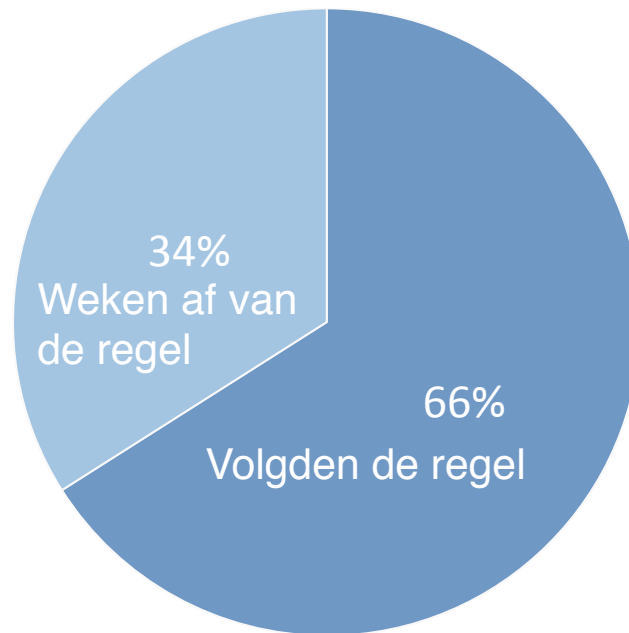
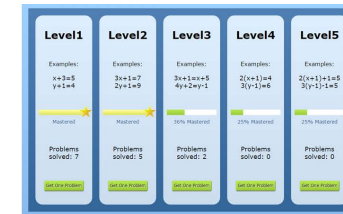
- De leerling kiest het niveau (“level”), het systeem kiest het specifieke probleem
- Informatie van het “Open Learner Model” geeft daarbij houvast

# Resultaten: Volgden de Leerlingen de Oefenregel?

Taakselectie zonder hulp



Taakselectie met Mastery Informatie



Verschil tussen de condities:  $F(1, 23) = 7.207, p = .013, d = 1.07$




# Voorbeelden van het Niet Volgen van de Oefenregel

- Leerling H wisselde niveaus 1 en 2 af, zonder de hogere niveaus te proberen
- Leerling M probeerde eerst één enkel probleem van ieder niveau, en bleef de rest van de tijd op niveau 1
- Leerling C selecteerde een probleem op niveau 1, 2, en 3, en werkte vervolgens alleen op niveau 1, zelfs nadat ze dit niveau had beheerst
- De leerlingen kozen vaak problemen van niveaus die ze al beheersten, nadat ze een probleem hadden geprobeerd van een hoger niveau, zelf met de Mastery Informatie (OLM).




## Resultaten van Interviews

- Leerlingen denken niet in termen van het beheersen van vaardigheden (“Mastery”)
- En hebben vaak niet de motivatie om de uitdaging van hogere niveaus aan te gaan en daarin te volharden



“Wie zou er nu op een koude en regenachtige Halloweenavond op uit gaan, als er geen snoep te halen zou zijn?”



“Soms ben ik lui en wil ik alleen gemakkelijke problemen doen”

## Kortom ...

### Conclusies op Basis van de Verkennende Studie

- Taakselectie is niet gemakkelijk! Leerlingen houden zich niet altijd aan de Oefenregel
- Mastery Informatie helpt
  - Geeft aan hoe goed de gegeven leerling de probleemtypen beheerst
- Leerlingen maken het zichzelf vaak te gemakkelijk
- Motivatie speelt een grote rol

# Welke Vorm van Motivatie Draagt bij aan het Toepassen van de Oefenregel?

- Een “mastery approach” doeloerëntatie gaat vaak samen met volhouden, bereidheid om uitdagingen aan te gaan, en een voorliefde voor het leren van nieuwe dingen

(Harackiewicz et al., 2002; Schunk et al., 2008)

- Bepaalde interventies leiden tot een mastery approach oriëntatie

(O’Keefe et al., 2013)

# Onderzoeksvragen

1. Hoe kiezen leerlingen oefentaken als ze daarin de vrije hand hebben?
2. (Hoe) kan onderwijstechnologie (i.h.b. een intelligent tutorsysteem) leerlingen helpen om te *leren* goede keuzes te maken m.b.t. het selecteren van oefentaken?










## Onderzoeksvragen

1. Hoe kiezen leerlingen oefentaken als ze daarin de vrije hand hebben?
2. **(Hoe) kan onderwijstechnologie (i.h.b. een intelligent tutorsysteem) leerlingen helpen om te *leren* goede keuzes te maken m.b.t. het selecteren van oefentaken?**

## Meer Specifiek

- Wat voor soort ondersteuning is effectief?
  - Op het cognitieve vlak: Begrip van de Oefenregel, hulp bij het leren toepassen ervan
  - Op het motivationele vlak: Promoten van een mastery approach doeloëriëntatie
- Wat is het resultaat van taakselectie met dergelijke ondersteuning?
  - M.b.t. zowel taakselectie als leerresultaten?
  - Is het effect blijvend?
  - In vergelijking met de gebruikelijke systeemgestuurde taakselectie ...

# Controlegroep: Systeemgestuurde Taakselectie

 <b>Water</b> Level 1 Mastered $x+3=5$ $x+2=6$	 <b>Earth</b> Level 2 Mastered $6-x=3$ $-x+7=18$	 <b>Metal</b> Level 3 Mastered $2x=6$ $6x=12$
 <b>Fire</b> Level 4 Mastered $2x+3=7$ $3x+1=10$	 <b>Air</b> Level 5 Mastered $2(2x+1)=6$ $3(x-2)=3$	 <b>Time</b> Level 6 Mastered $1+2(2x-1)=7$ $2+3(x+2)=11$
 <b>Stone</b> Level 7 43% $2x+6=3x$ $3x+10=5x$	 <b>Wind</b> Level 8 25% $4x+11=x+2$ $6x+16=x+1$	 <b>Wood</b> Level 9 25% $-2x+2=-5x+8$ $-3x+1=-7x+13$

9 Probleemtypen om te leren (niveaus / "levels")










Aiyana



Next Problem

Leerling vraagt nieuw probleem, systeem beslist (op basis van Oefenregel)

# Controlegroep & Interventiegroep: Badges

 <p><b>Water</b> Level 1</p> <p>Mastered</p> $x+3=5$ $x+2=6$	 <p><b>Earth</b> Level 2</p> <p>Mastered</p> $6-x=3$ $-x+7=18$	 <p><b>Metal</b> Level 3</p> <p>Mastered</p> $2x=6$ $6x=12$
 <p><b>Fire</b> Level 4</p> <p>Mastered</p> $2x+3=7$ $3x+1=10$	 <p><b>Air</b> Level 5</p> <p>Mastered</p> $2(2x+1)=6$ $3(x-2)=3$	 <p><b>Time</b> Level 6</p> <p>Mastered</p> $1+2(2x-1)=7$ $2+3(x+2)=11$
 <p><b>Stone</b> Level 7</p> <p>43%</p> $2x+6=3x$ $3x+10=5x$	 <p><b>Wind</b> Level 8</p> <p>25%</p> $4x+11=x+2$ $6x+16=x+1$	 <p><b>Wood</b> Level 9</p> <p>25%</p> $-2x+2=-5x+8$ $-3x+1=-7x+13$

Er is een badge voor het beheersen van ieder niveau

**Aiyana**



Verzameling badges



# Interventiegroep: Gedeelde Zeggenschap over Taakselectie

Element	Level	Progress	Mastery	Equations
Water	Level 1	50%	Not Mastered	$x+3=5$ $x+2=6$
Earth	Level 2	100%	Mastered	$6-x=3$ $-x+7=18$
Metal	Level 3	100%	Mastered	$2x=6$ $6x=12$
Fire	Level 4	66%	Not Mastered	$2x+3=7$ $3x+1=10$
Air	Level 5	30%	Not Mastered	$2(2x+1)=6$ $3(x-2)=3$
Time	Level 6	25%	Not Mastered	$1+2(2x-1)=7$ $2+3(x+2)=1$
Stone	Level 7	0%	Not Mastered (Locked)	$2x+6=3x$ $3x+10=5x$
Wind	Level 8	0%	Not Mastered (Locked)	$4x+11=x+2$ $6x+16=x+1$
Wood	Level 9	0%	Not Mastered (Locked)	$-2x+2=-5x+8$ $-3x+1=-7x+13$

Leerling geeft aan welk niveau, systeem kiest het specifieke probleem

★ 18



Badges

Systeem toont hoe goed de leerling ieder niveau beheerst (Mastery Informatie)

# Cognitieve Ondersteuning van Taakselectie: Instructies m.b.t. “Meesterschap” en de Oefenregel



## **Mastery**

Central to Lynette is the idea of "mastery." Mastery isn't about how many problems you have done, but about your ability to consistently do well on a type of problem.

The way to master more types of problems is to focus on areas you have not yet mastered. Working on problem types you have already mastered can be good for review, but is not helpful in learning new material.

[Back](#)[Next](#)

# Cognitieve Ondersteuning: Feedback m.b.t. de Keuze van Oefentaken



**Hi Alex!**

Good problem selection decision!

Water is still unmastered, so you can learn new skills from it.

Don't be discouraged if you feel it is difficult. It is ok to make errors when you are learning!

[Continue on Water](#)

# Cognitieve Ondersteuning: Feedback m.b.t. de Keuze van Oefentaken



**Hi Alex!**

You've picked Earth but it is already mastered.


Your equation solving skills will not grow if you repeat material you've already mastered.

Try to select a level that is not mastered to learn new skills!

Pick a New Problem

Continue on Earth

# Cognitieve Ondersteuning: Reflectie m.b.t. Keuze van Oefentaken, met Feedback



**Problem Selection Stars**










You have earned FOUR out of five stars for good problem selection decisions. Check out your problem selection history for the last five problems on the right.

Find and click the problems that could help you learn new skills. The bars show your mastery level when you selected that problem.

1. Metal	62%
2. Metal	87%
3. Water	66%
4. Earth	Mastered
5. Water	50%




# Motivationale Ondersteuning: Beloningen voor Goede Taakselectie Beslissingen


 <b>Water</b> Level 1 <div style="width: 50%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> 50% $x+3=5$ $x+2=6$	 <b>Earth</b> Level 2 <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> Mastered $6-x=3$ $-x+7=18$	 <b>Metal</b> Level 3 <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> Mastered
 <b>Fire</b> Level 4 <div style="width: 66%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> 66% $2x+3=7$ $3x+1=10$	 <b>Air</b> Level 5 <div style="width: 30%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> 30% $2(2x+1)=6$ $3(x-2)=3$	
 <b>Stone</b>  Level 7 <div style="width: 0%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> 0% $2x+6=3x$ $3x+10=5x$	 <b>Wind</b>  Level 8 <div style="width: 0%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #ccc); margin: 5px 0;"></div> 0% $4x+11=x+2$ $6x+16=x+1$	

**Alex**

**Achievements**



**Fast Runner**  
 Select 6 unmastered problems in a row 3X



**Mountain Climber**  
 Complete 6 unmastered problems in a row 3X

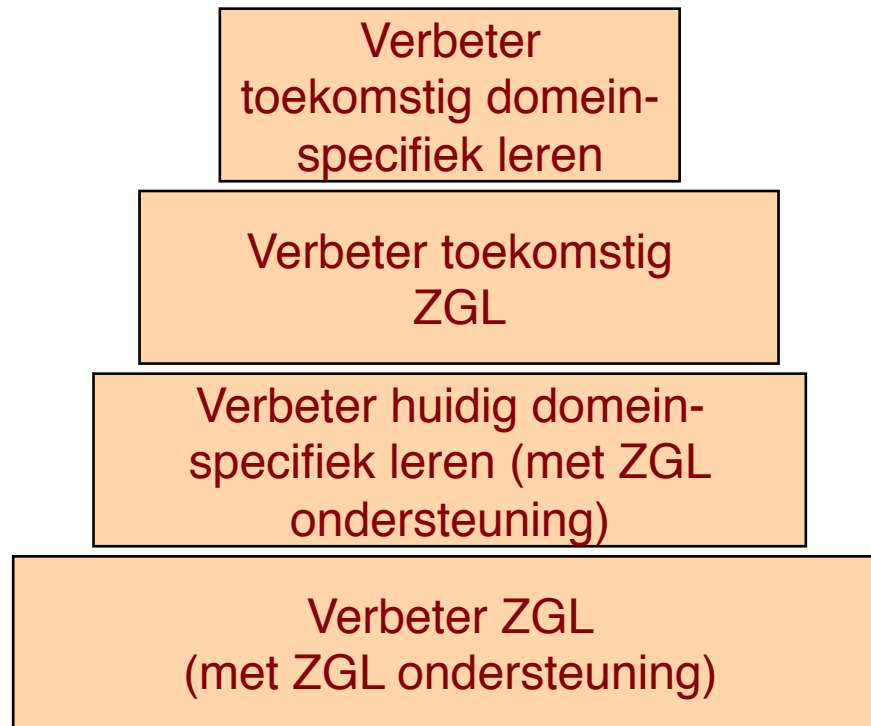
# Samenvatting van Ondersteuning van Taakselectie

- Controlegroep & Interventiegroep
  - Badges en Mastery Informatie
- Interventiegroep
  - Gedeelde Zeggenschap over de taken
  - Cognitieve Ondersteuning
    - Uitleg
    - Feedback
    - Reflectie
  - Motivationale Ondersteuning
    - “Achievements” – beloning voor goede taakselectie beslissingen

# Doelen bij het Ondersteunen van Zelfgereguleerd Leren (ZGL)



Ido Roll



*Na* de ZGL ondersteuning

(Is er een blijvend effect van de ZGL ondersteuning?)

*Tijdens* de ZGL ondersteuning

Koedinger, K. R., Alevan, V., Roll, I., & Baker, R. (2009). *In vivo* experiments on whether supporting metacognition in intelligent tutoring systems yields robust learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education* (pp. 897-964). The Educational Psychology Series. New York: Routledge.

See also:

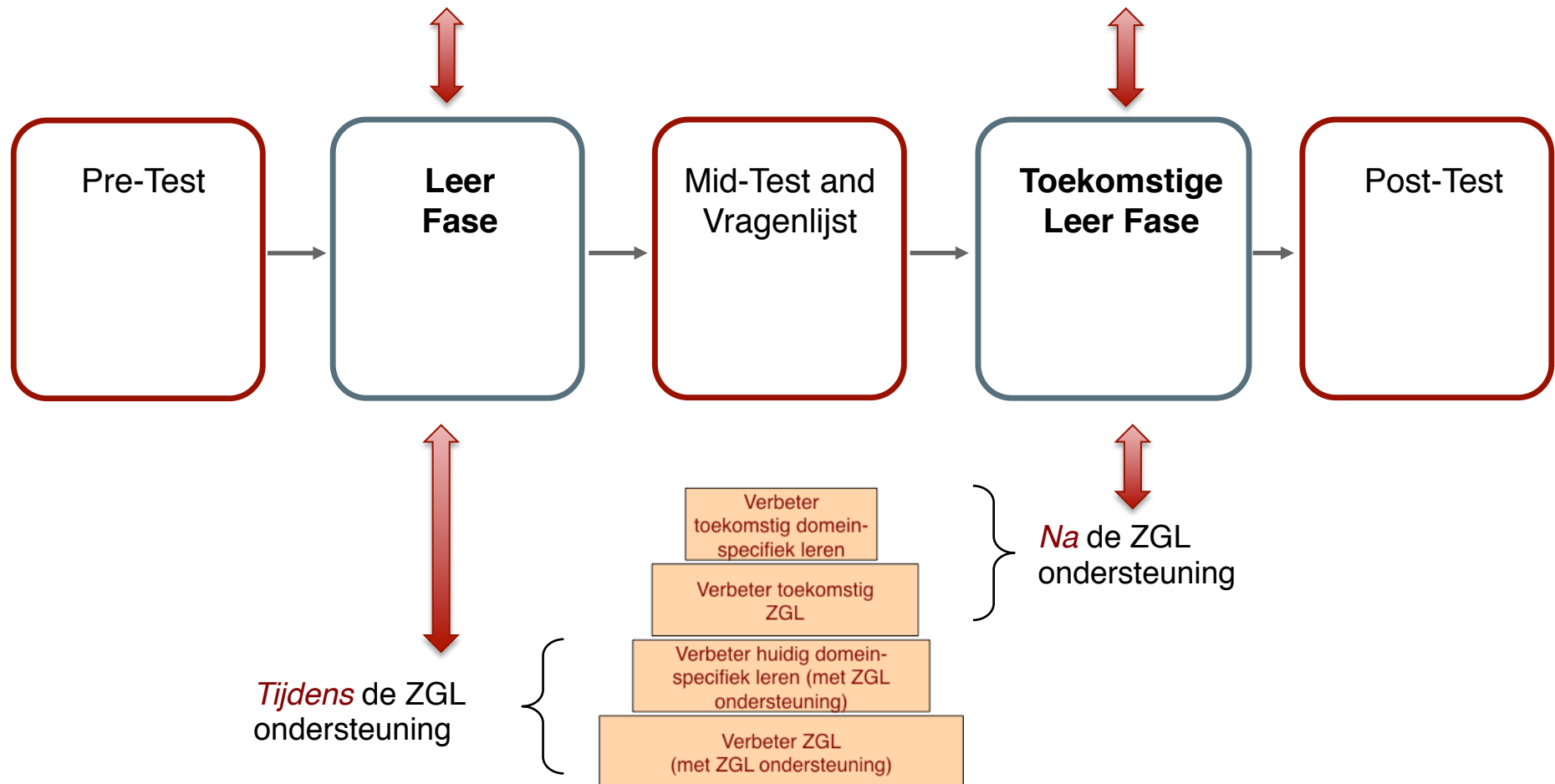
Alevan, V., McLaren, B. M., Roll, I., & Koedinger, K. R. (2016). Help helps, but only so much: Research on help seeking with intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 205-223. doi:10.1007/s40593-015-0089-1



# Procedure

Leidt taakselectie met ondersteuning tot betere taakselectie en betere leerresultaten?

Leidt ondersteuning van taakselectie tot *het leren van* betere taakselectie en betere *toekomstige* leerresultaten?

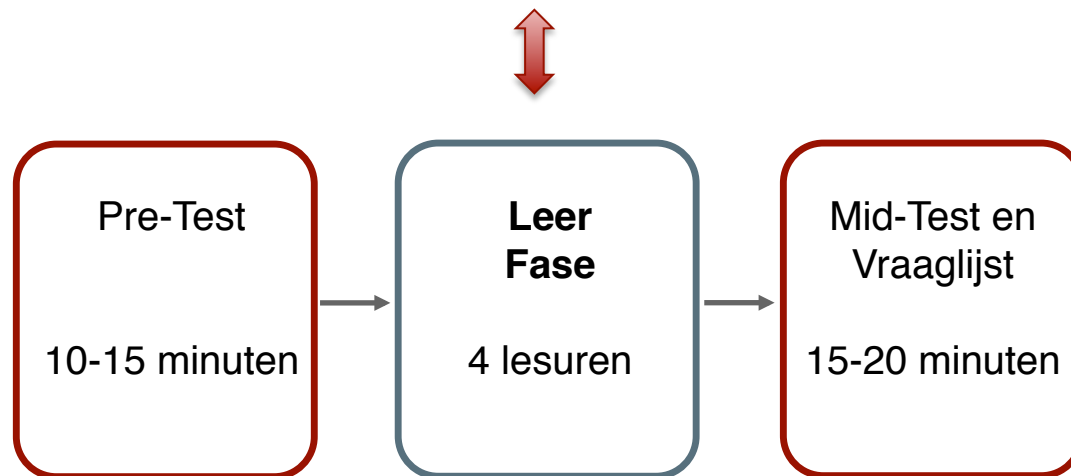


## Deelnemers

- 200 leerlingen in groep 6-8 (ong. 12-14 jaar) voltooiden alle activiteiten

# Leer Fase

Leidt ondersteuning van  
taakselectie tot betere taakselectie  
en betere leerresultaten?



Conditie

1. Systeemgestuurde taakselectie
2. Gedeelde zeggenschap over taakselectie met cognitieve en motivationele ondersteuning

# Gemeten Variabelen

## Taakselectie

- In hoeverre volgden leerlingen de Oefenregel?

## Domein-specifieke vaardigheden

- “Paper-and-pencil test” van het oplossen van vergelijkingen

## Verklarende kennis van de Oefenregel

- 3 multiple-choice vragen

## Plezier

- Enjoyment Scale (Intrinsic Motivation Inventory)

## Leerprocessen

- Afgeleid van de log data van de interacties die de leerlingen hadden met het tutorsysteem, b.v. aantal opgeloste problemen, probleemstappen, goede stappen, stappen met fouten, en hints

# Leer Fase: Bevindingen

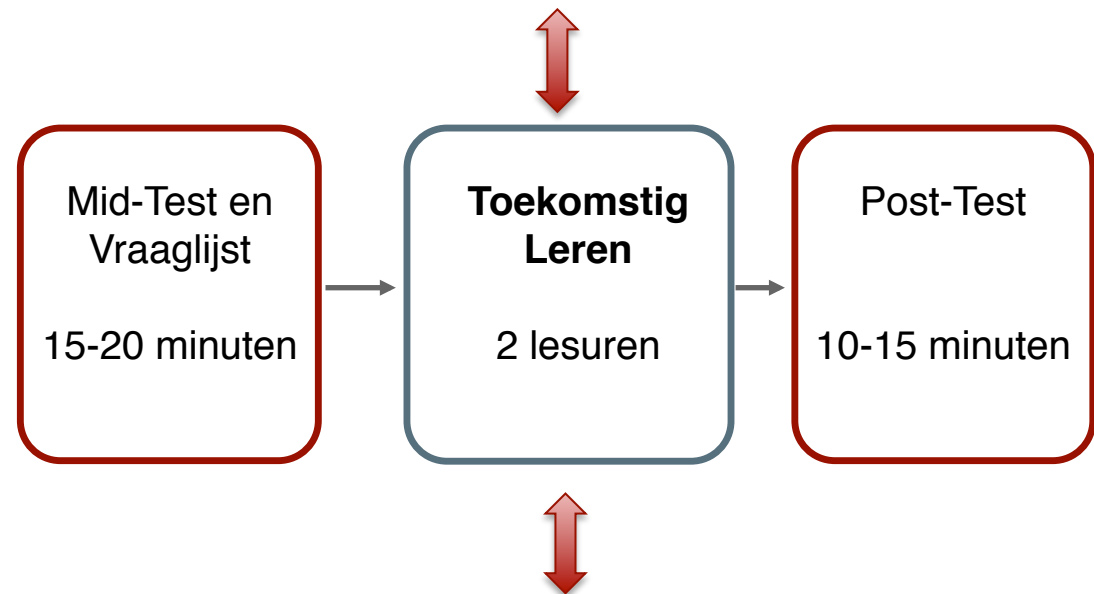
- **Taakselectie**
  - Leerlingen in de interventiegroep pasten de Oefenregel consistent toe (80% v.d. leerlingen hield zich strict aan de regel), en
  - Hadden betere “verklarende kennis” van de Oefenregel
- **Domein-specifiek leren (vergelijkingen oplossen)**
  - Significante verbetering (van pre- naar post-test) voor leerlingen met lagere pre-test ( $d = 0.76$ )
  - Interventiegroep verbeterde meer dan de controle groep
    - $d = 0.30$  voor de hele steekproef
    - $d = 0.37$  voor de leerlingen met lagere pre-test
- **Leerproces**
  - Geen verschil tussen de groepen m.b.t. het aantal problemen, fouten, of hints
  - De interventiegroep deed minder probleemstappen
- **Plezier**
  - Geen verschil tussen de groepen

## Leer Fase, Samengevat

- Intelligent tutorsysteem helpt leerlingen met leren
- In vergelijking tot systeemgestuurde taakselectie leidt gedeelde zeggenschap over taakselectie, met ondersteuning, tot
  - Goede taakselectie keuzes
  - Beter domein-specifiek leren
  - Betere verklarende kennis van de Oefenregel
- Maar het is niet helemaal duidelijk waarom of hoe, want
  - Geen verschil in leerprocessen of plezier

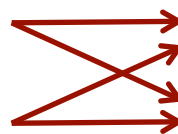
# Toekomstig Leren Fase

Leidt ondersteuning van taakselectie tot *het leren van* betere taakselectie en betere *toekomstige* leerresultaten?



## Conditie

1. Systeemgestuurde taakselectie
2. Gedeelde zeggenschap over taakselectie *met* ondersteuning



## Conditie

- 1,2. Systeemgestuurde taakselectie
- 3,4. Gedeelde zeggenschap over taakselectie *zonder* ondersteuning

# Toekomstige Leer Fase: Bevindingen

## Taakselectie

- Leerlingen pasten de Oefenregel toe in 98% van de gevallen
  - Onafhankelijk van of ze in de Leer Fase in de Systeemgestuurde conditie zaten of in de Gedeelde Zeggenschap conditie

## Domain-specifiek leren

- Significante verbetering (van pre- naar post-test) ( $d = 0.98$ )
- Geen verschil tussen de condities



## Toekomstige Leer Fase: Samengevat

- Bevestigt de effectiviteit van een intelligent tutorsysteem m.b.t. het leren van domein-specifieke kennis
- Maar geen *blijvende* invloed van de ondersteuning voor taakselectie
  - Noch m.b.t. het selecteren van taken, noch m.b.t. domein-specifieke leerresultaten
  - Invloed, maar niet blijvend
- Waarom niet?

# Selecteren van Taken in de Toekomstige Leer Fase

Theme	Level	Progress	Equations
Water	Level 1	26%	$x+3=5$ $x+2=6$
Earth	Level 2	Mastered	$6-x=3$ $-x+7=18$
Metal	Level 3	Mastered	$2x=6$ $6x=12$
Fire	Level 4	66%	$2x+3=7$ $3x+1=10$
Air	Level 5	26%	$2(2x+1)=6$ $3(x-2)=3$
Time	Level 6	25%	$1+2(2x-1)=7$ $2+3(x+2)=11$
Stone	Level 7	25%	$2x+6=3x$ $3x+10$
Wind	Level 8	25%	$4x+11=x+2$
Wood	Level 9	25%	$-2x+2=-5x+8$ $-3x+1=-7x+13$

Gedeelde zeggenschap over taakselectie

Aiyana Harris



Badges

Geen cognitieve en motivationele ondersteuning

Mastery informatie

# Contributies

## Praktisch

- Effectieve manier om leerlingen meer autonomie te geven in hun werk met een ITS
- Manier om een ITS te verbeteren (met betere leerresultaten)

## Theoretisch

- Toont dat een combinatie van cognitieve en motivationele ondersteuning voor ZGL tot beter domein-specifiek leren kan leiden (hoewel alleen *met* de ondersteuning)

## Methodologisch

- Illustreert een procedure voor het evalueren van interventies gericht op ZGL, inclusief of ze een *blijvend* effect hebben

## Belangrijk Punt

- Deze studie gaat niet over volledige leerlinggestuurde taakselectie!
- Het toont daarentegen de waarde aan van *gedeelde zeggenschap* over taakselectie

## Beperkingen, Onbeantwoorde Vragen

- Niet duidelijk waarom Gedeelde Zeggenschap (in vergelijking met Systeemgebaseerde Taakselectie) tot beter leren leidt
  - Mogelijk via hogere motivatie?
  - Zou andere motivatie variabelen kunnen meten
- Veronderstelde effect m.b.t. toekomstig leren werd niet gevonden

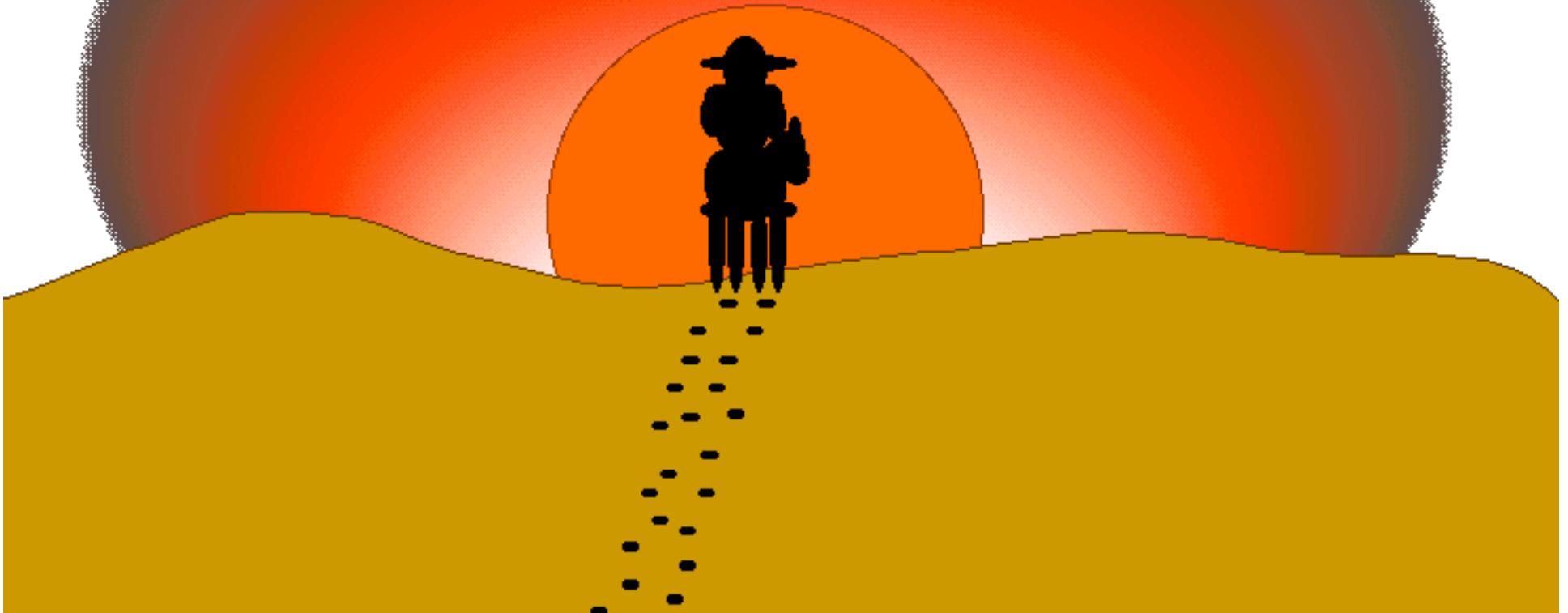
## Toekomstige Richting

- Help leerlingen om een meer uitgebreide, complexe, genuanceerde notie van “mastery” (en de Oefenregel) te leren
- Onderzoek of er transfer is van taakselectie vaardigheden geleerd met een ITS naar andere leeromgevingen

## Conclusie

- ITS zijn een interessante context of ZGL te bestuderen
- Ontwerper's dilemma: Hoe kunnen we de adaptieve algoritmes van zulke systemen gebruiken om ZGL te ondersteunen (i.p.v. het optimaliseren van domein-specifiek leren)
- Een mogelijkheid: Gedeelde zeggenschap over taakselectie, met cognitieve en motivationele ondersteuning
- Beter domain-specifiek leren 😊 maar niet het gehoopte blijvende effect – dus nieuwe ideeën zijn nodig!
- Illustreert dat het methodologisch belangrijk is om zowel huidig leren als toekomstig leren te evalueren

# THE END



<http://www.fasttrack.hk/wp-content/uploads/2015/05/THE-INSIDE-TRACK-15.gif>