

Eine Untersuchung des Parameterraums kognitiver Modelle räumlichen Sprachverständnisses

Investigating the Parameter Space of Cognitive Models of Spatial Language Comprehension

Thomas Kluth¹, Michele Burigo¹, und Pia Knoeferle²

1: Language & Cognition AG, CITEC (Cognitive Interaction Technology Excellence Cluster), Universität Bielefeld

2: Institut für deutsche Sprache und Linguistik, Humboldt-Universität zu Berlin

15. März 2016

Motivation // Spinne entfernen!



Motivation // Spinne entfernen!



Bildquellen:

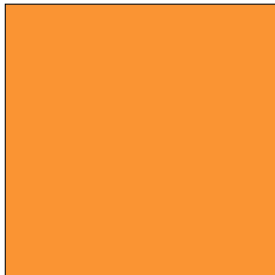
Roboter: von Mamirobothk (CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25084931>)

Spinne: von L. Shyamal (CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1309920>)

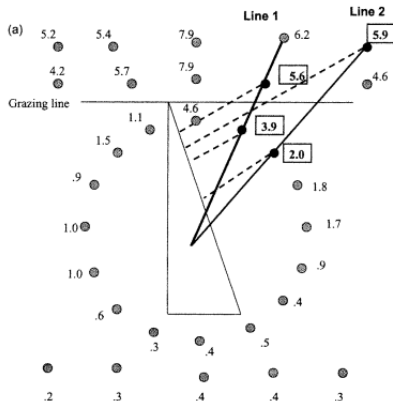
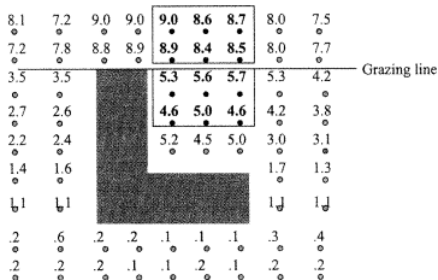
Motivation // Wo ist über?



Motivation // Wo ist über?



Bisherige Forschung // Regier und Carlson (2001, Exp. 5 & 6)



(Bildquellen: Regier & Carlson, 2001, S. 287-288)

AVS Modell // Regier und Carlson (2001)

kognitives Modell:
Attentive **V**ector **S**um (AVS) Modell
(Regier & Carlson, 2001)

AVS Modell // Regier und Carlson (2001)

räumliche Präposition: *über*

lokalisierendes Objekt: LO



Referenzobjekt: RO

→ AVS Modell

AVS Modell // Regier und Carlson (2001)

räumliche Präposition: *über*

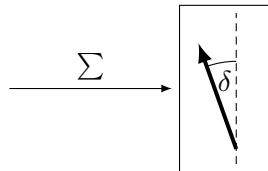
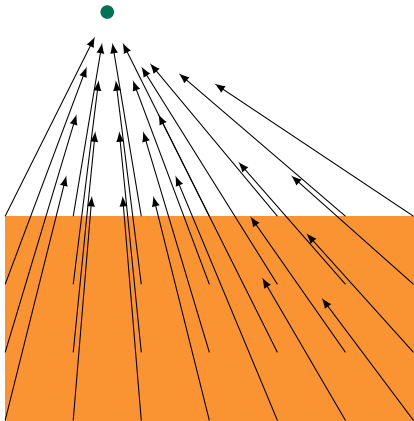
lokalisierendes Objekt: LO



Referenzobjekt: RO

→ AVS Modell → Akzeptanz Bewertung

rAVS Modell // Motivation



AVS nimmt eine Verschiebung
von visueller Aufmerksamkeit
vom RO zum LO an

Visual World Paradigm // Burigo und Knoeferle (2015)



“Die Box ist *über* der Wurst”
‘The box is *above* the sausage’

(Bildquelle: Burigo & Knoeferle, 2015, S. 6)

Visual World Paradigm // Burigo und Knoeferle (2015)



“Die Box ist *über* der Wurst”
‘The box is *above* the sausage’

(Bildquelle: Burigo & Knoeferle, 2015, S. 6)

Visual World Paradigm // Burigo und Knoeferle (2015)



“Die Box ist *über* der Wurst”
‘The box is above the sausage’

(Bildquelle: Burigo & Knoeferle, 2015, S. 6)

Visual World Paradigm // Burigo und Knoeferle (2015)

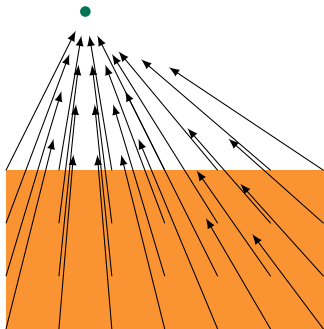
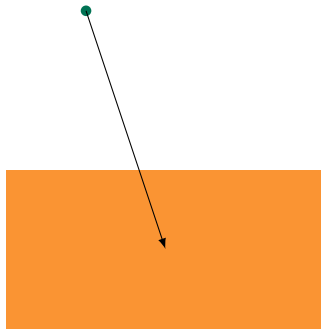


“Die Box ist über der Wurst”
‘The box is above the sausage’

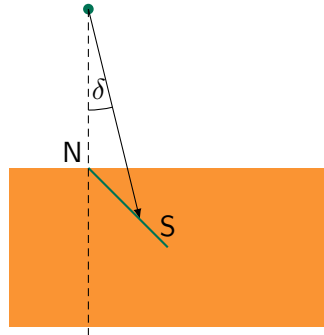
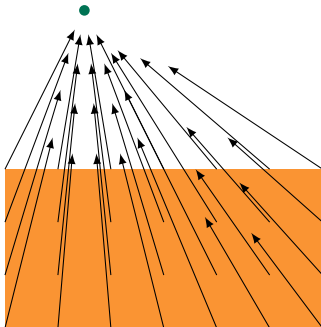
(Bildquelle: Burigo & Knoeferle, 2015, S. 6)

rAVS Modell // Hauptidee

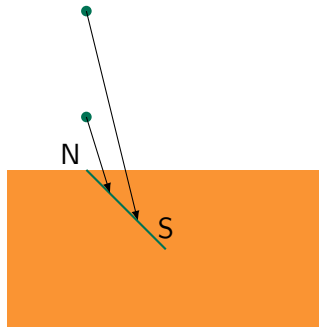
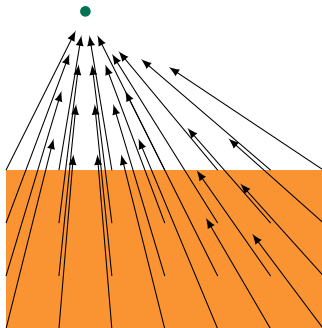
AVS Modell

umgedrehtes („reversed“) AVS Modell
(Kluth, Burigo & Knoeferle, 2016)

Modellvergleich



Modellvergleich



rAVS Modell // Relative Distanz

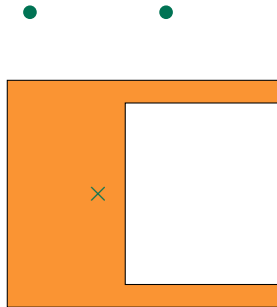
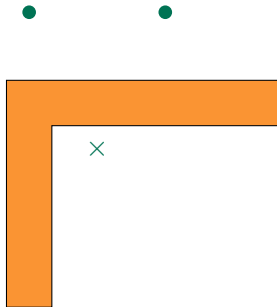


$$\text{relative Distanz} = \frac{|LO, P|_x}{RO_{Breite}} + \frac{|LO, P|_y}{RO_{Höhe}}$$

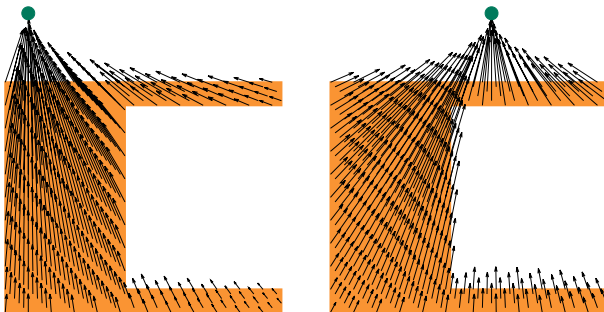
Modellvergleich

- auf den existierenden Daten (Regier & Carlson, 2001) liefern beide Modelle gleich gute Ergebnisse (siehe Kluth et al., 2016)
 - Welches Modell erklärt den menschlichen Gebrauch von räumlicher Sprache besser?
- Vorhersagen der Modelle analysieren (Roberts & Pashler, 2000)
- asymmetrische RO
 - relative Distanz

Vorhersagen // Asymmetrie

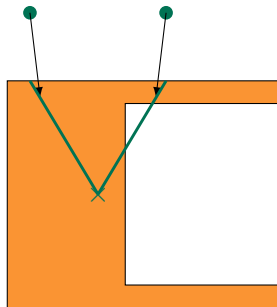
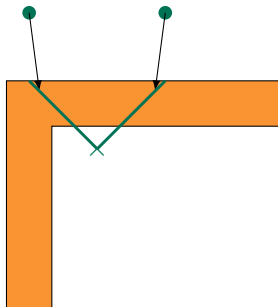


Vorhersagen // Asymmetrie – AVS



AVS: mehr Vektoren von links → größere Abweichung für das rechte LO → linkes LO wird höher bewertet als rechtes LO

Vorhersagen // Asymmetrie – rAVS

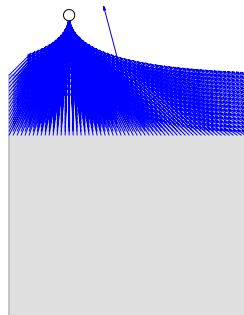
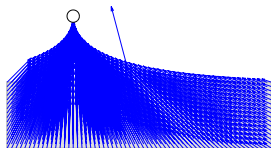


rAVS: Asymmetrie ist nur im Schwerpunkt repräsentiert
→ gleiche Bewertung

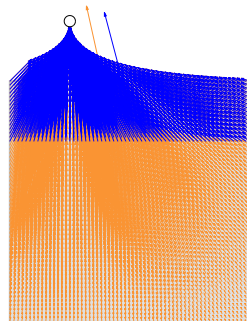
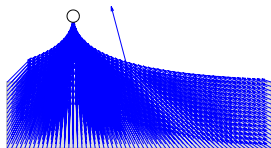
Vorhersagen // Relative Distanz



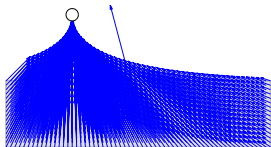
Vorhersagen // Relative Distanz – AVS



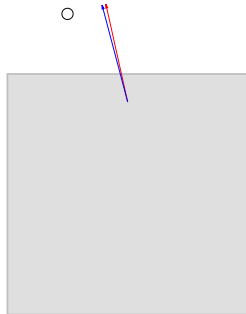
Vorhersagen // Relative Distanz – AVS



Vorhersagen // Relative Distanz – AVS

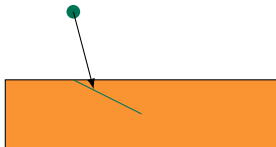


AVS: höhere Abweichung
→ niedrigere Bewertung

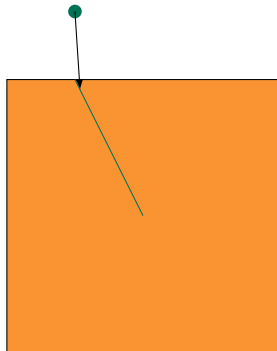


AVS: niedrigere Abweichung
→ höhere Bewertung

Vorhersagen // Relative Distanz – rAVS



rAVS: relative Distanz: 1,0
→ niedrigere Bewertung



relative Distanz: 0,25
→ höhere Bewertung

Vorhersagen // Zusammenfassung

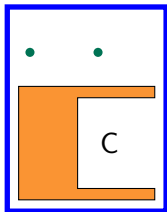
- = ● \rightsquigarrow 0
- > ● \rightsquigarrow 1
- < ● \rightsquigarrow -1

Vorhersagen // Zusammenfassung

● = ● \rightsquigarrow 0
● > ● \rightsquigarrow 1
● < ● \rightsquigarrow -1

rAVS: 0

AVS: 1

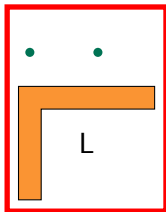
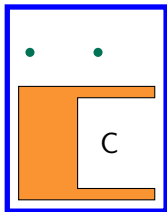


Vorhersagen // Zusammenfassung

● = ● \rightsquigarrow 0
● > ● \rightsquigarrow 1
● < ● \rightsquigarrow -1

rAVS: 00

AVS: 11

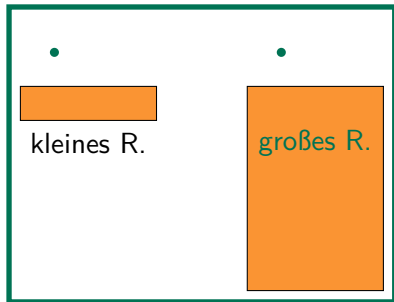
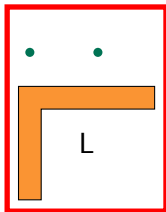
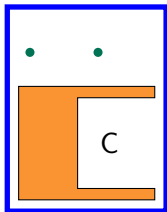


Vorhersagen // Zusammenfassung

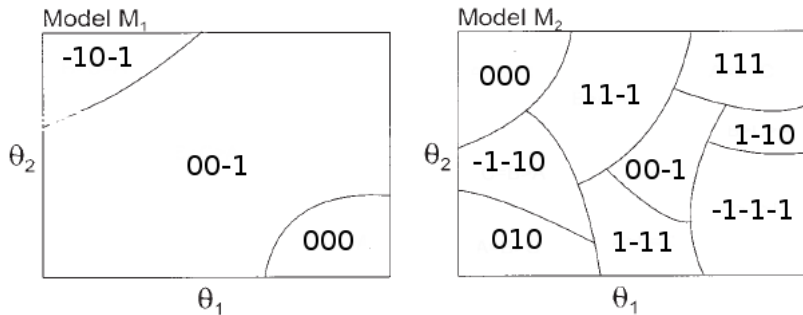
● = ● \rightsquigarrow 0
 ● > ● \rightsquigarrow 1
 ● < ● \rightsquigarrow -1

rAVS: 00-1

AVS: 11?

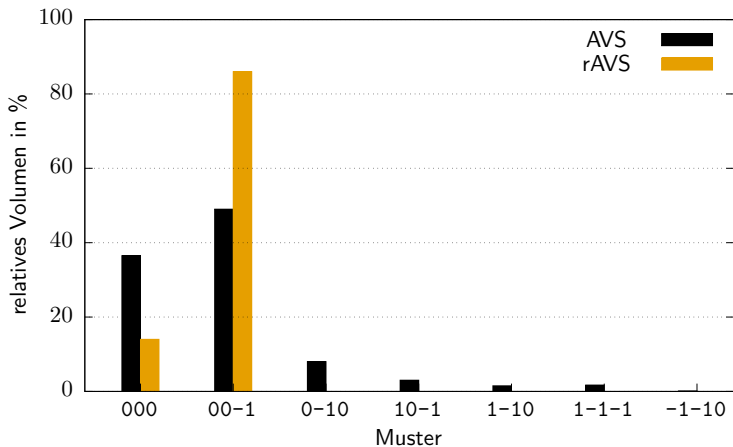


Methode // parameter space partitioning (PSP, Pitt et al., 2006)



(Bild adaptiert nach: Pitt, Kim, Navarro & Myung, 2006, S. 60)

Ergebnisse // Gleichheit von Bewertungen = 0,5



rAVS: 00-1
AVS: 11?

Fazit

rAVS:

- PSP bestätigt „intuitive“ Vorhersagen
 - klarere Formulierung

AVS:

- PSP bestätigt *nicht* die „intuitiven“ Vorhersagen
 - schwieriger, die Mechanismen des Modells zu verstehen

Fazit

rAVS:

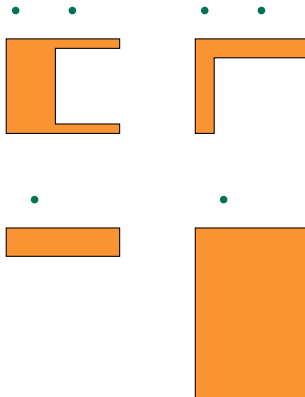
- PSP bestätigt „intuitive“ Vorhersagen
 - klarere Formulierung
- generiert weniger Vorhersagen: 2 / 27
 - einfacher zu falsifizieren

AVS:

- PSP bestätigt *nicht* die „intuitiven“ Vorhersagen
 - schwieriger, die Mechanismen des Modells zu verstehen
- generiert mehr Vorhersagen: 7 / 27
 - schwieriger zu falsifizieren

Ausblick

- empirische Studie



Ausblick

- empirische Studie
- Implementierung in technische Systeme:
 - Quelltext unter einer Open Source Lizenz verfügbar unter Kluth (2016)



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

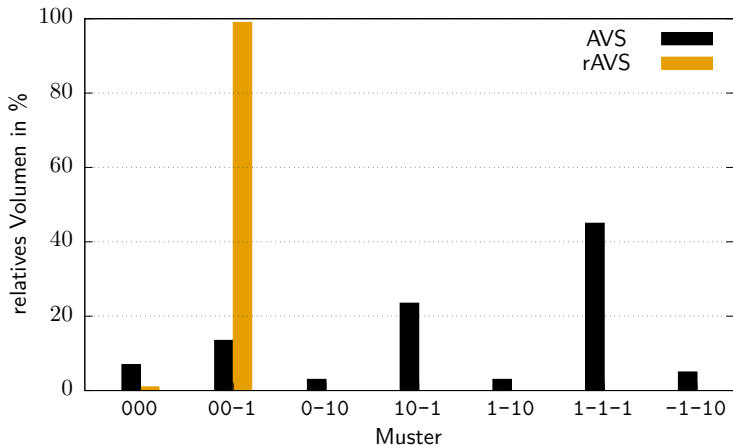
Literatur

- Burigo, M., Coventry, K. R., Cangelosi, A. & Lynott, D. (in Druck). Spatial Language and Converseness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Burigo, M. & Knoeferle, P. (2015). Visual attention during spatial language comprehension. *PLoS ONE*, 10 (1), e0115758. doi: 10.1371/journal.pone.0115758
- Carlson-Radvansky, L. A., Covey, E. S. & Lattanzi, K. M. (1999). "What" effects on "where": Functional influences on spatial relations. *Psychological Science*, 10 (6), 516–521.
- Hörberg, T. (2008). Influences of form and function on the acceptability of projective prepositions in Swedish. *Spatial Cognition & Computation*, 8 (3), 193–218. doi: 10.1080/13875860801993652
- Kluth, T. (2016). *A C++ Implementation of the reversed Attentional Vector Sum (rAVS) model*. Bielefeld University. doi: 10.4119/unibi/2900103
- Kluth, T., Burigo, M. & Knoeferle, P. (2016). Shifts of attention during spatial language comprehension: A computational investigation. In *Proceedings of the 8th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2016) – Volume 2* (S. 213–222). SCITEPRESS – Science and Technology Publications, Lda.
- Pitt, M. A., Kim, W., Navarro, D. J. & Myung, J. I. (2006). Global model analysis by parameter space partitioning. *Psychological Review*, 113 (1), 57–83. doi: 10.1037/0033-295X.113.1.57
- Regier, T. & Carlson, L. A. (2001). Grounding spatial language in perception: An empirical and computational investigation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (2), 273–298. doi: 10.1037//0096-3445.130.2.273
- Roberts, S. & Pashler, H. (2000). How persuasive is a good fit? A comment on theory testing. *Psychological Review*, 107 (2), 358–367. doi: 10.1037//0033-295X.107.2.358

Ausblick // PSP – Gleichheit von Bewertungen

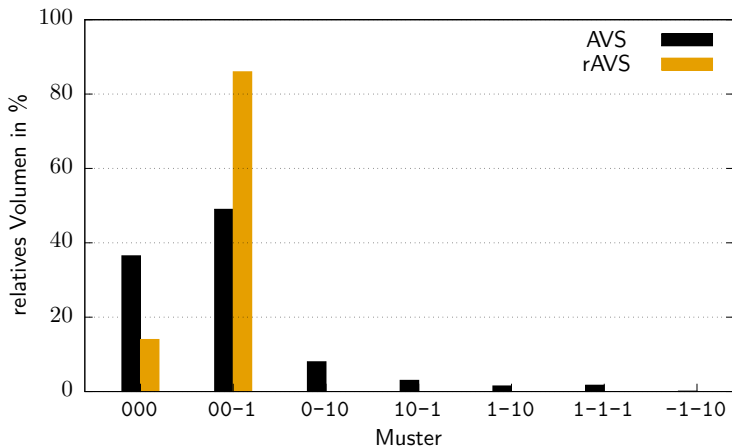
- Wann sollten zwei Bewertungen als gleich betrachtet werden?
 - Regier und Carlson (2001): $0,17 / 0,2 / 0,3 / 0,7$
 - Carlson-Radvansky, Covey und Lattanzi (1999): $0,3$
 - Hörberg (2008): $0,57$
 - Burigo, Coventry, Cangelosi und Lynott (in Druck): $0,27 / 0,34 / 0,36 / 0,43$
- PSP Analyse: $0,1 / 0,5 / 1,0$

Ausblick // Gleichheit von Bewertungen = 0,1



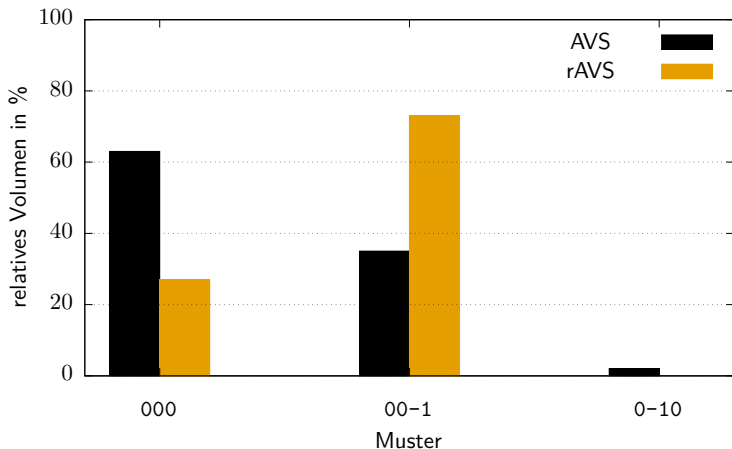
rAVS: 00-1
AVS: 11?

Ausblick // Gleichheit von Bewertungen = 0,5



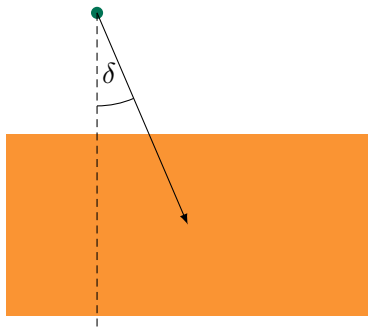
rAVS: 00-1
AVS: 11?

Ausblick // Gleichheit von Bewertungen = 1,0



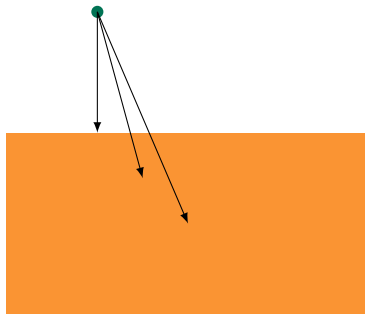
rAVS: 00-1
AVS: 11?

Modelldetails // rAVS

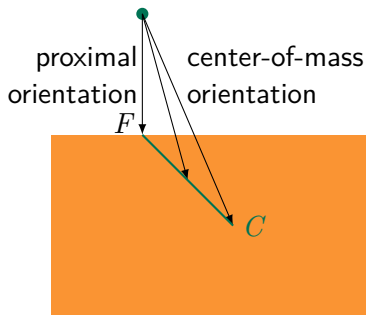


$$\text{above}(LO, RO) = g(\delta) \cdot \text{height}(y_{LO})$$

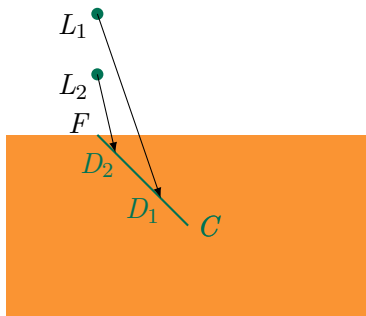
Modelldetails // rAVS



Modelldetails // rAVS

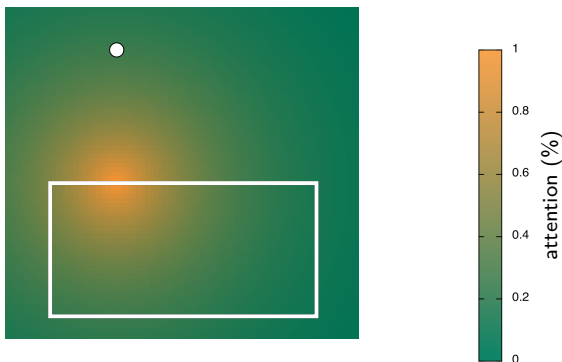


Modelldetails // rAVS



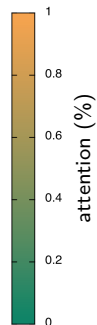
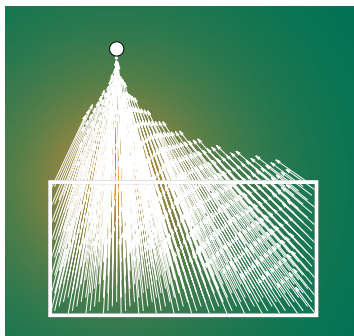
$$D = \begin{cases} \overrightarrow{LC} + (-\alpha \cdot dist_{rel.} + 1) \cdot \overrightarrow{CF} & \text{if } (-\alpha \cdot dist_{rel.} + 1) > 0 \\ C & \text{else} \end{cases}$$

Modelldetails // Angular Component



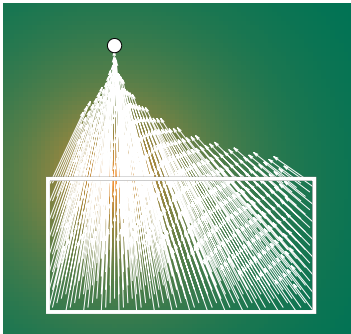
$$a_i = \exp\left(\frac{-d_i}{\lambda \cdot \sigma}\right)$$

Modelldetails // Angular Component



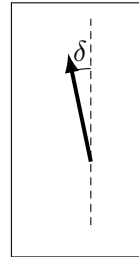
$$\overrightarrow{direction} = \sum_{i \in RO} a_i \cdot \vec{v}_i$$

Modelldetails // Angular Component



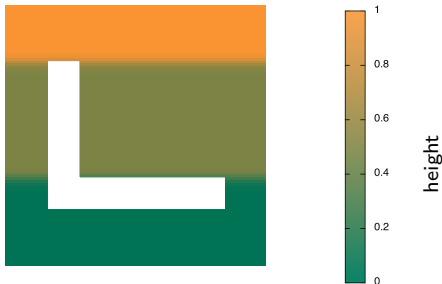
$$\sum a_i \cdot \vec{v}_i$$

A wavy arrow points from the equation to the right, indicating a transformation or simplification.



$$g(\delta) = \text{slope} \cdot \delta + \text{y-intercept}$$

Modelldetails // Height Component



$$\text{height}(y_{LO}) =$$

$$\frac{\text{sig}(y_{LO} - \text{hightop}, \text{highgain}) + \text{sig}(y_{LO} - \text{lowtop}, 1)}{2}$$

$$\text{above}(LO, RO) = g(\delta) \cdot \text{height}(y_{LO})$$