

# Algorithms for assigning fixations to lines of text in multiline passage reading

**Jon W. Carr, Valentina N. Pescuma, and Davide Crepaldi**  
International School for Advanced Studies, Trieste, Italy



# The problem

C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché ora che sono vecchio non gli servo più".

# Prior work

## **Computer science literature**

Abdulin & Komogortsev (2015)

Beymer & Russell (2005)

Carl (2013)

Hyrskykari (2006)

Lima Sanches et al. (2015)

Martinez-Gomez et al. (2012)

Mishra et al. (2012)

Yamaya et al. (2017)

## **Behavior Research Methods**

Cohen (2013)

Špakov et al. (2019)

Zhang & Hornof (2011)

## **Dissertations**

Lohmeier (2015)

Nüssli (2011)



**popEye**

## The algorithms

● attach

● chain

● cluster

● compare

● merge

● regress

● segment

● split

● stretch

● warp

## The algorithms

● attach

● chain

● cluster

● compare

● merge

● regress

● segment

● slice

● split

● stretch

● warp

## The algorithms

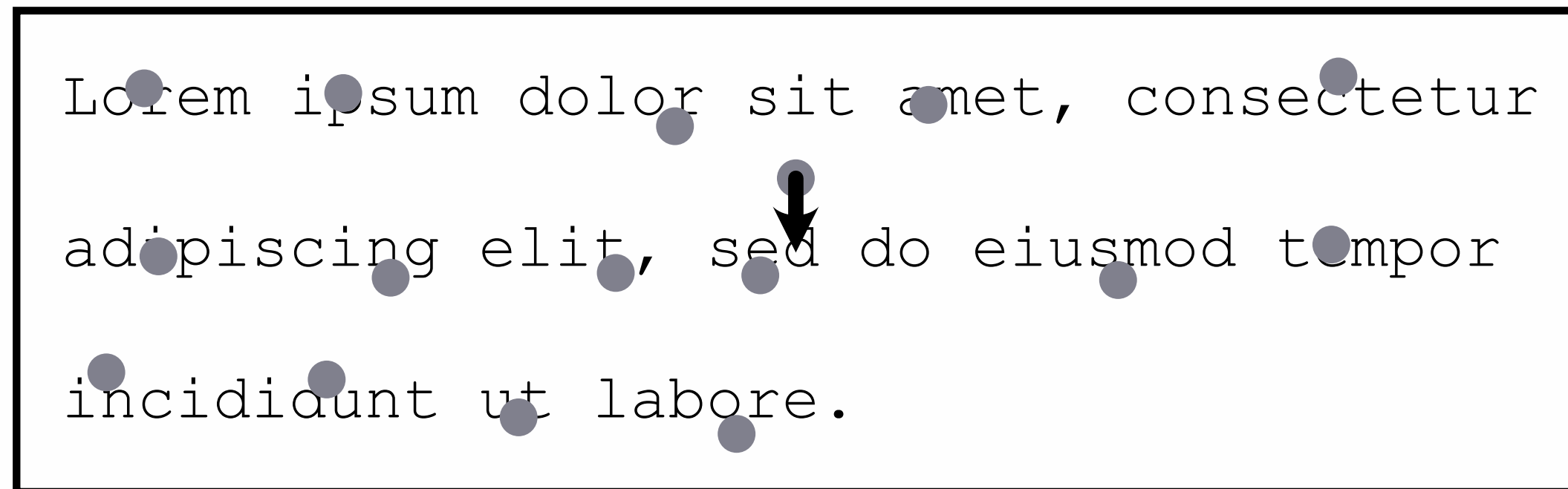
- attach
- chain
- regress
- warp

## The algorithms

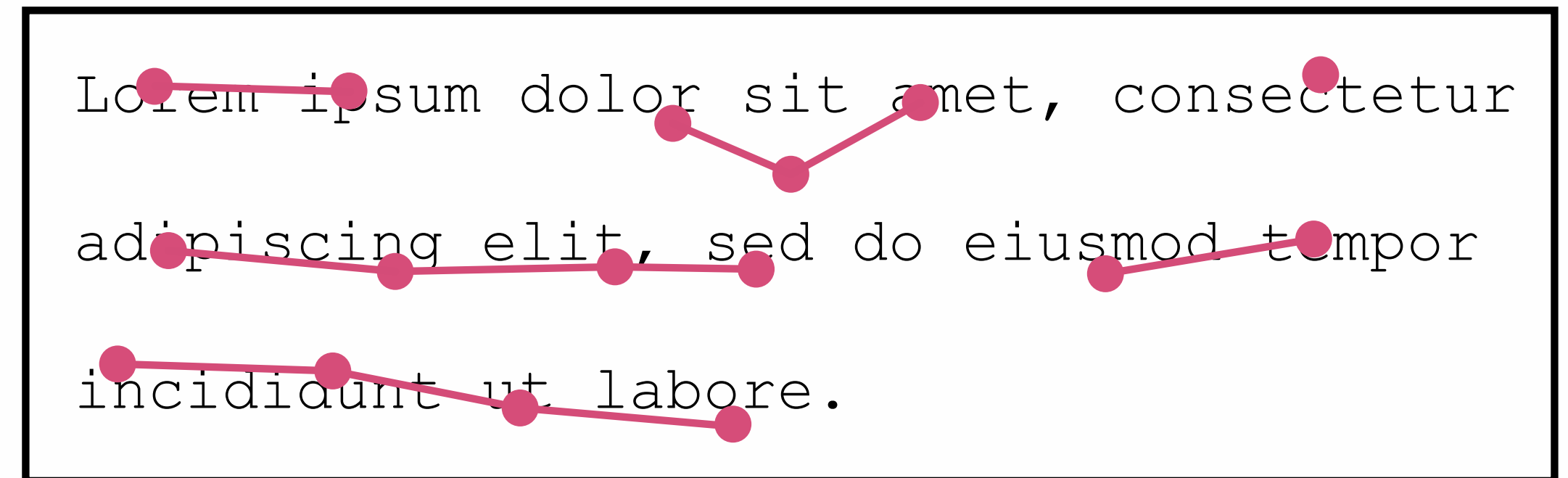
- **attach** *baseline algorithm*
- **chain** *absolute-positional algorithm*
- **regress** *relative-positional algorithm*
- **warp** *sequential algorithm*

# The algorithms

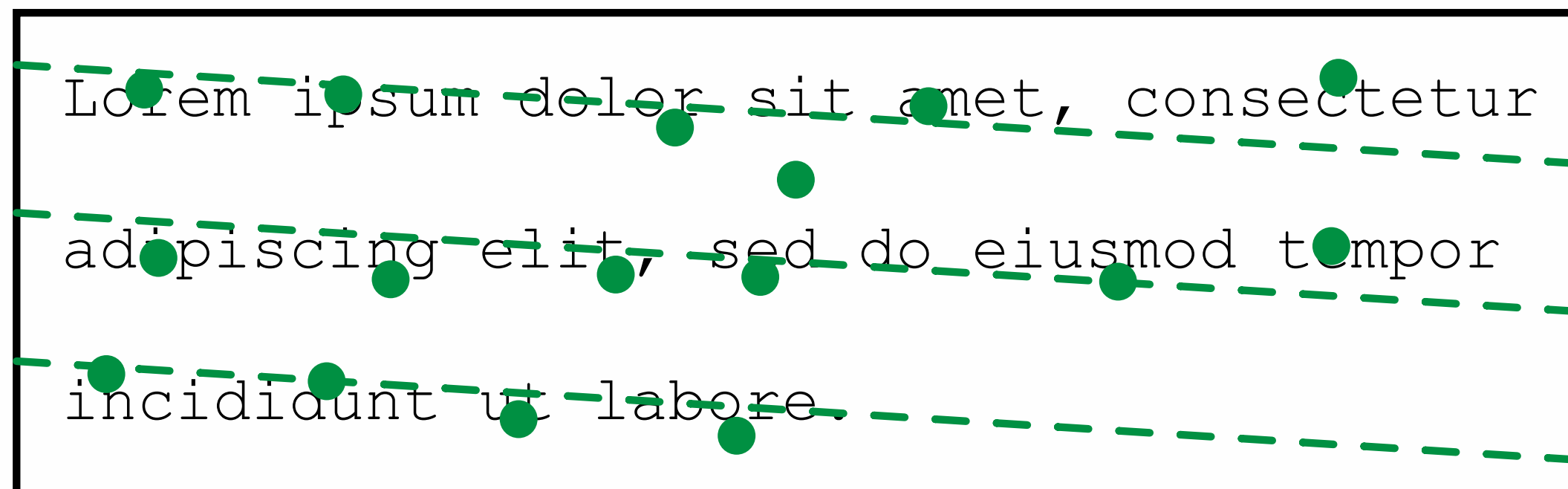
attach



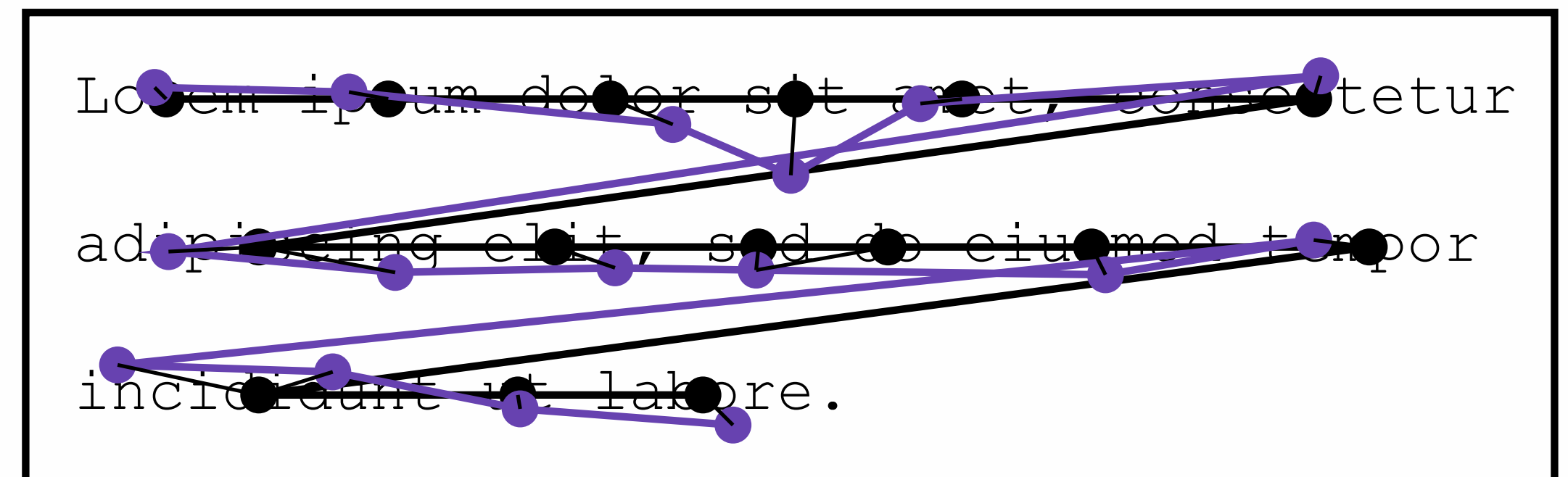
chain



regress

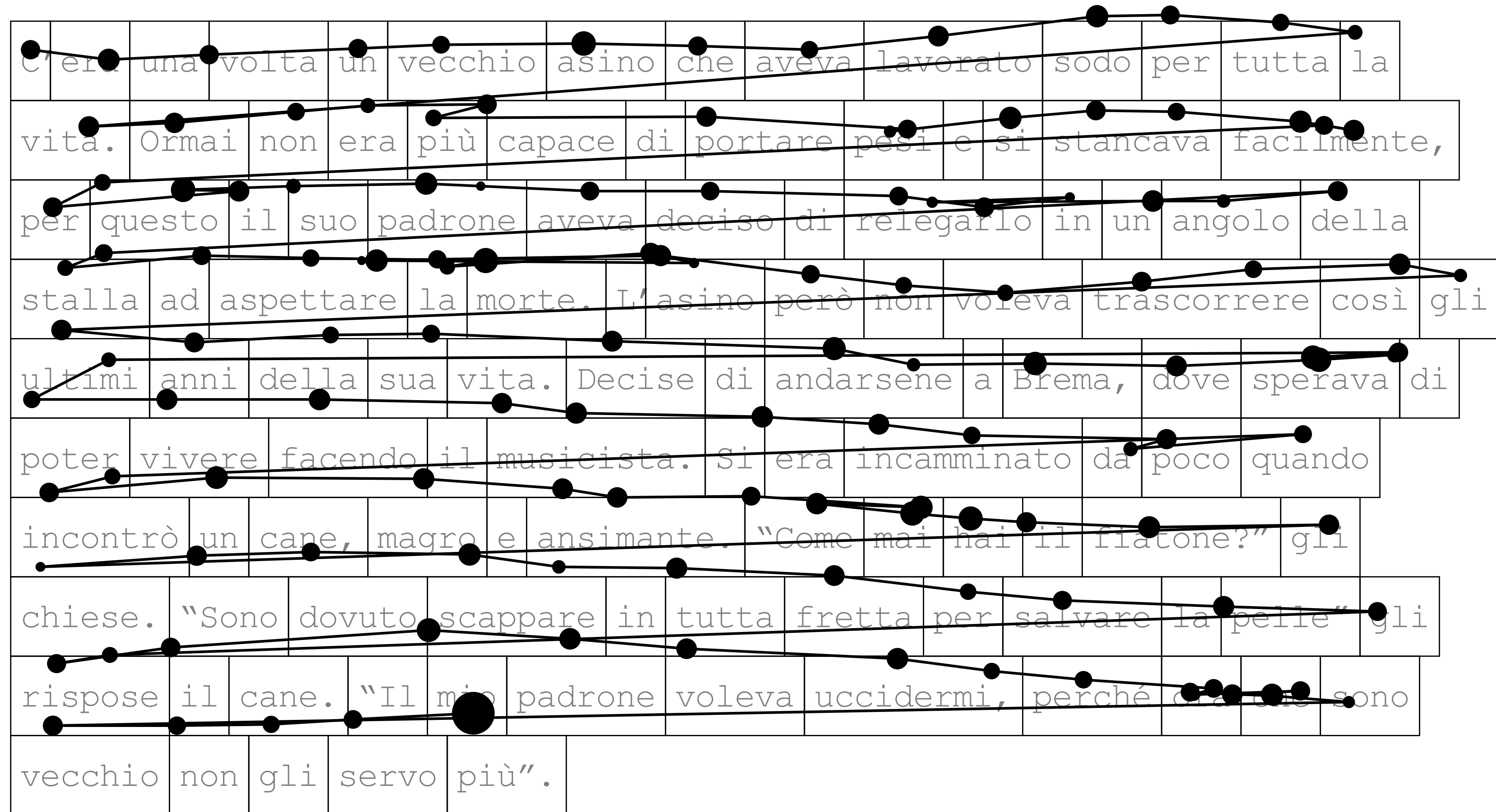


warp





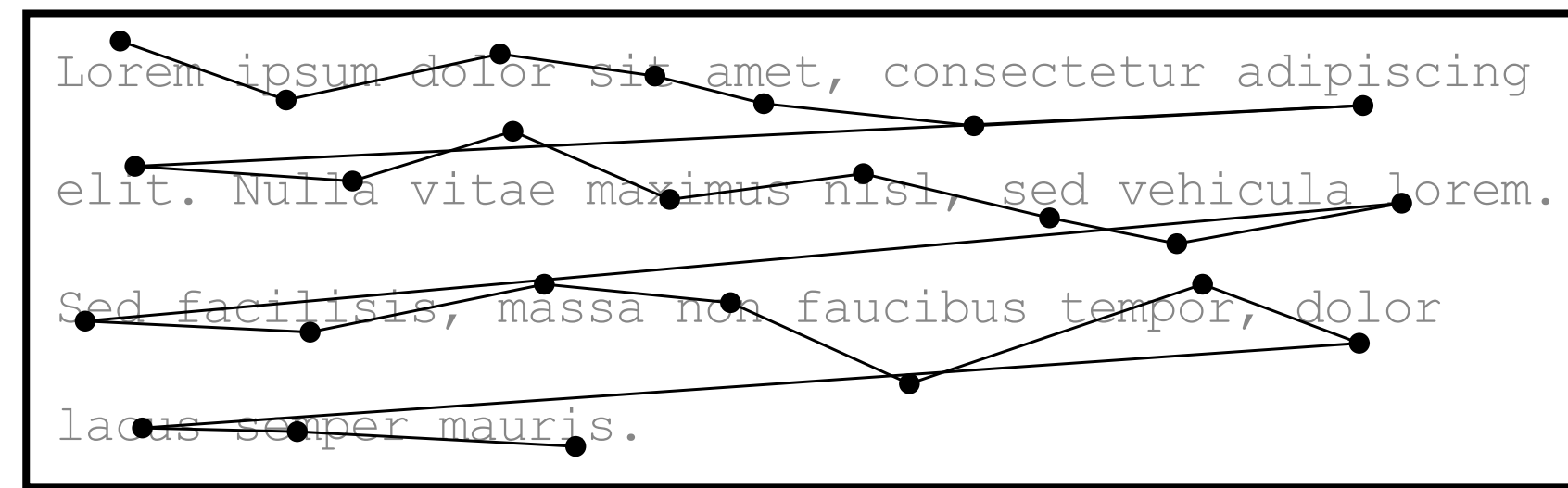
# attach as a baseline



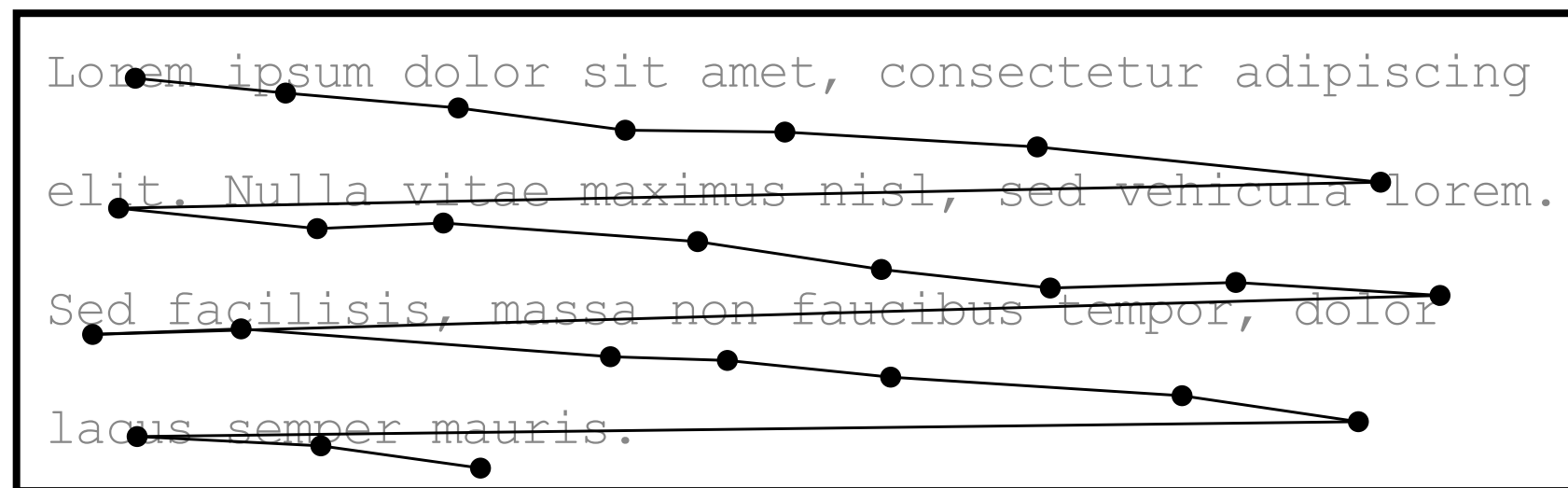
*Performance on  
simulated data*

# Distortion parameters

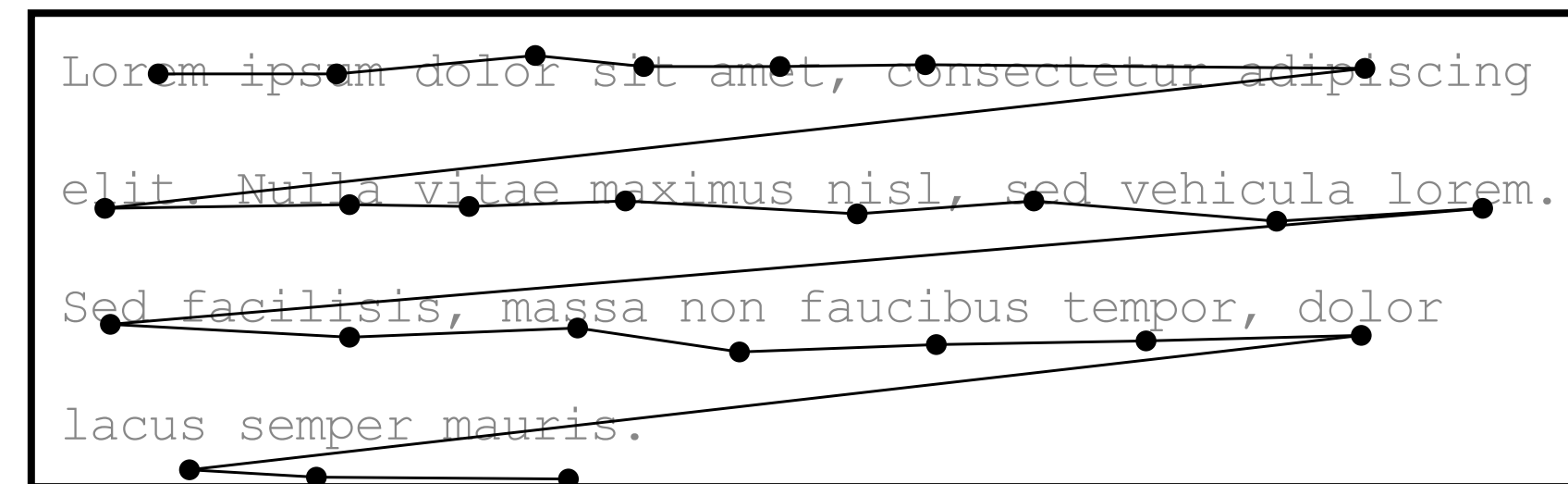
Noise



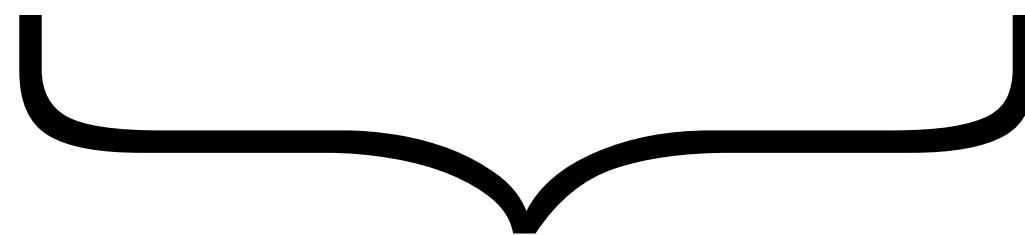
Slope



Shift

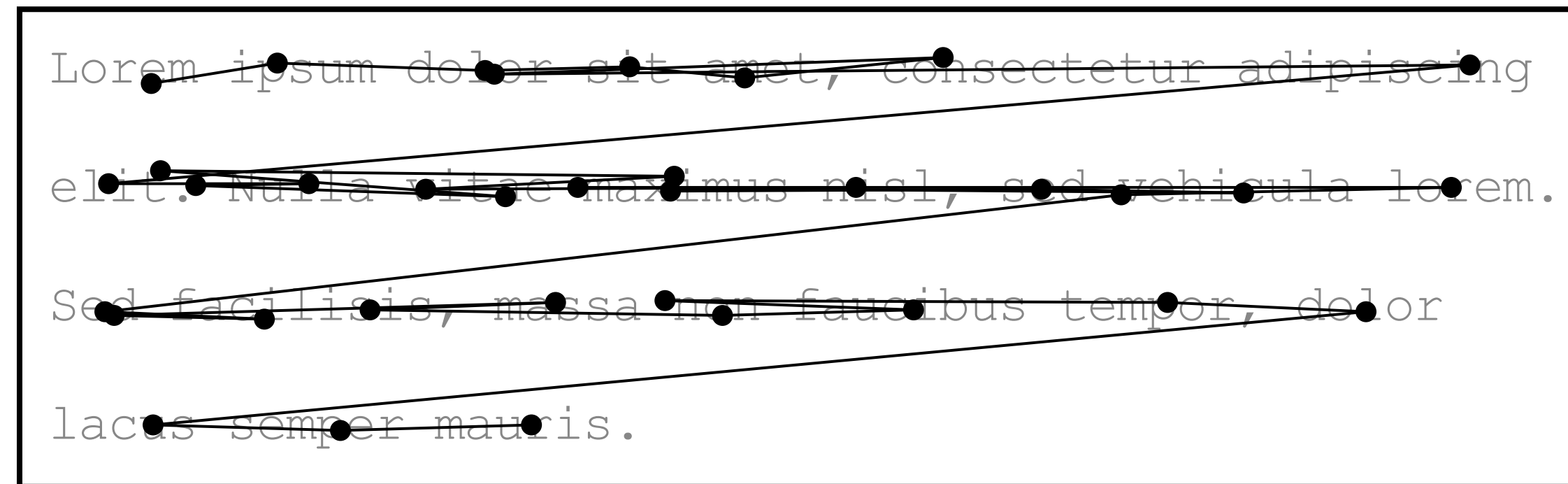


Vertical drift

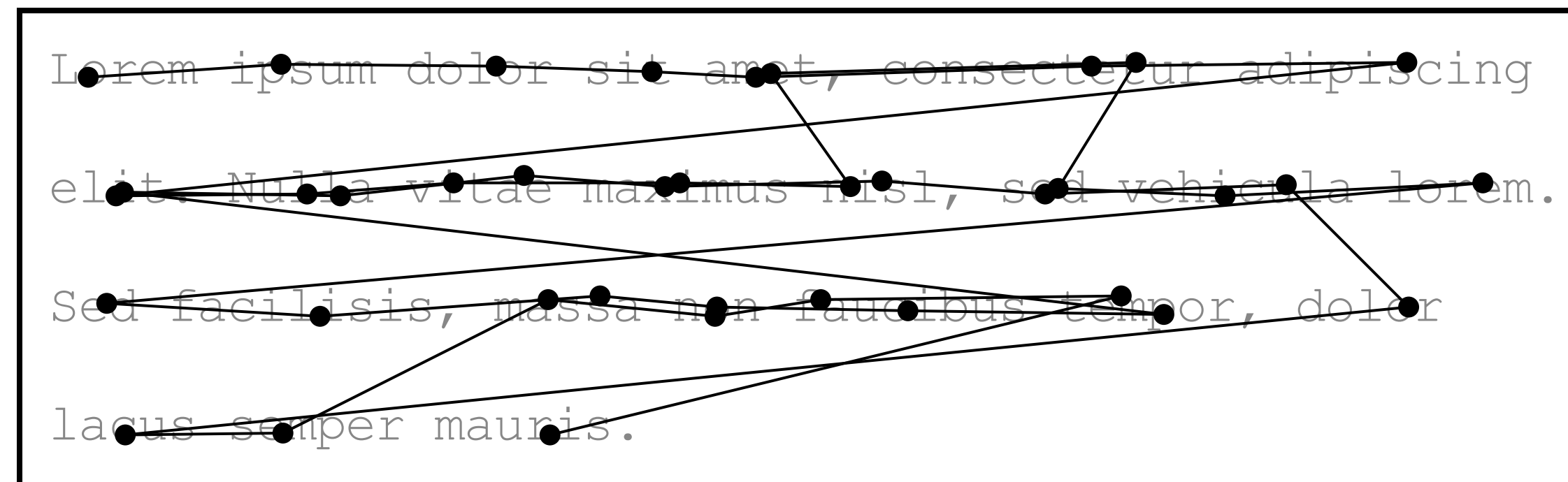


# Regression parameters

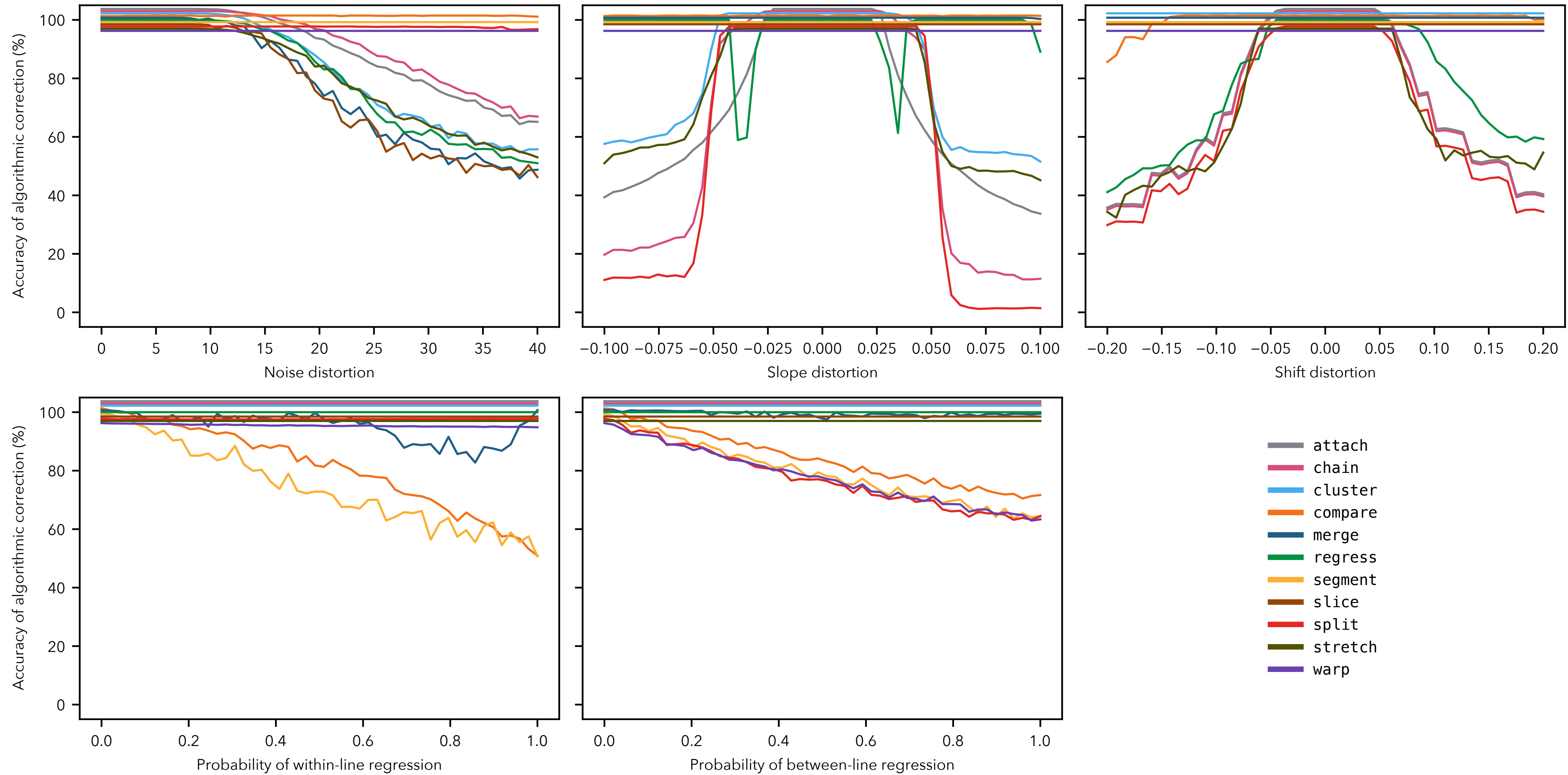
Within-line regression



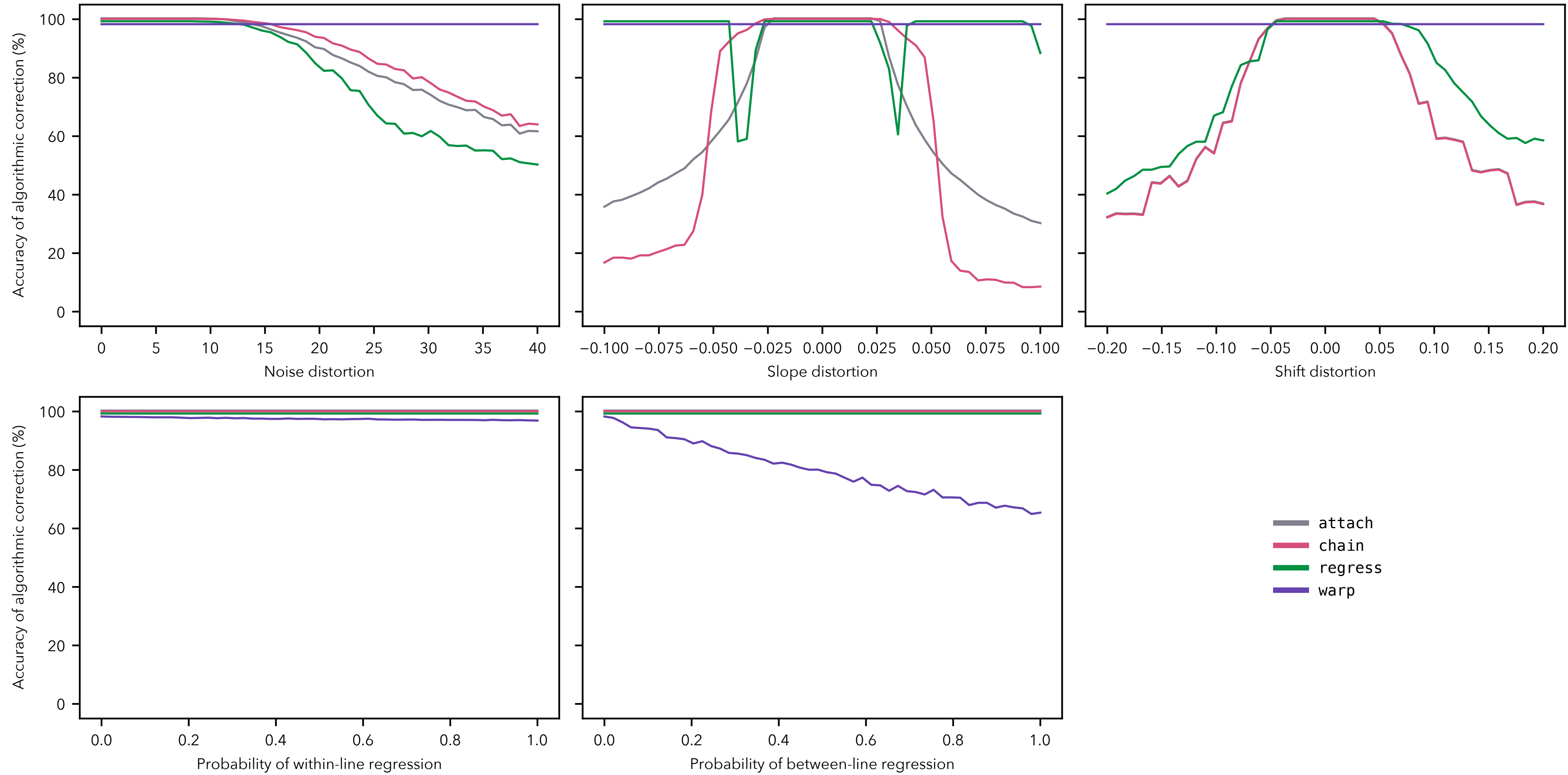
Between-line regression



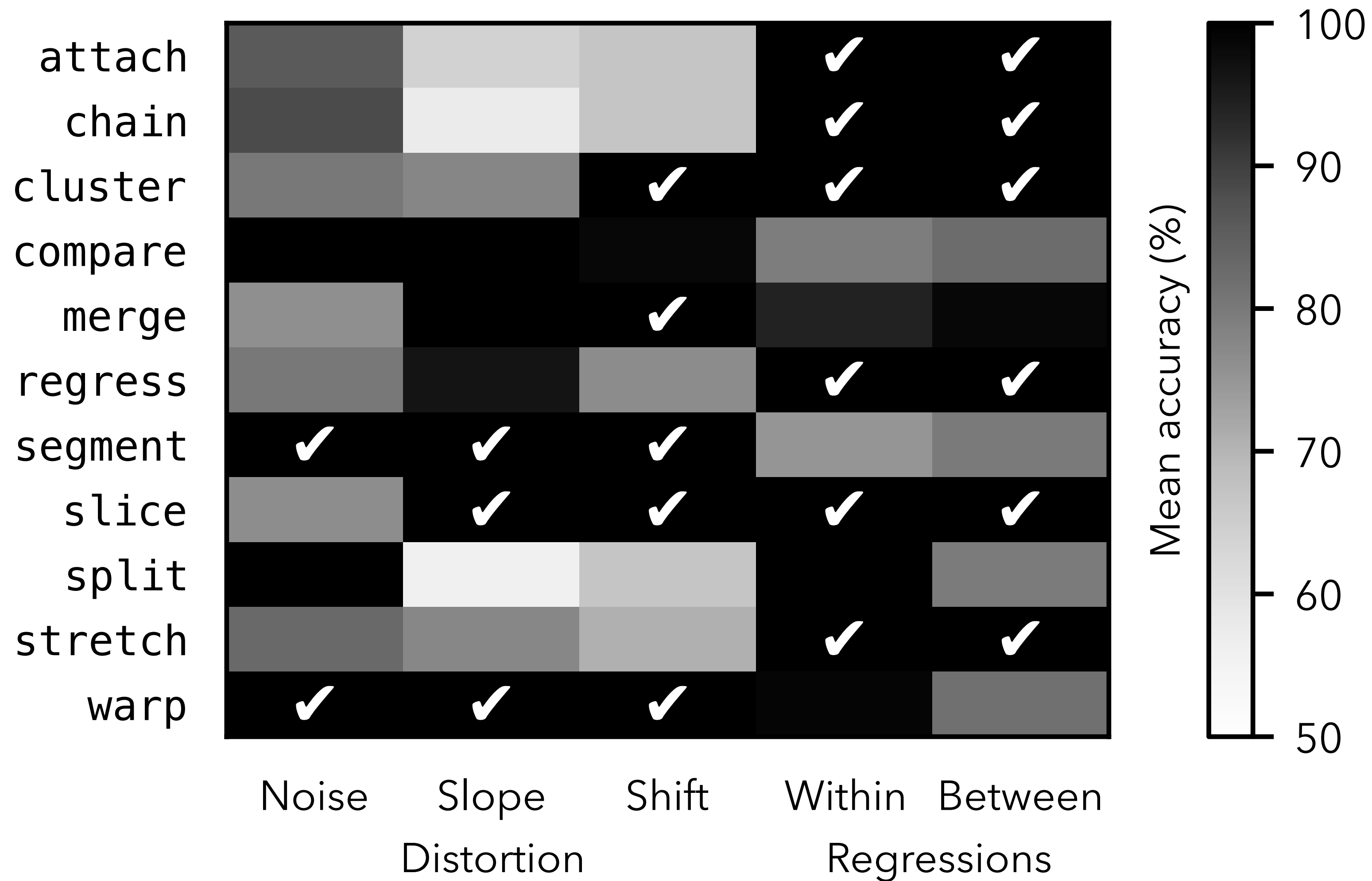
# Simulation results



# Simulation results



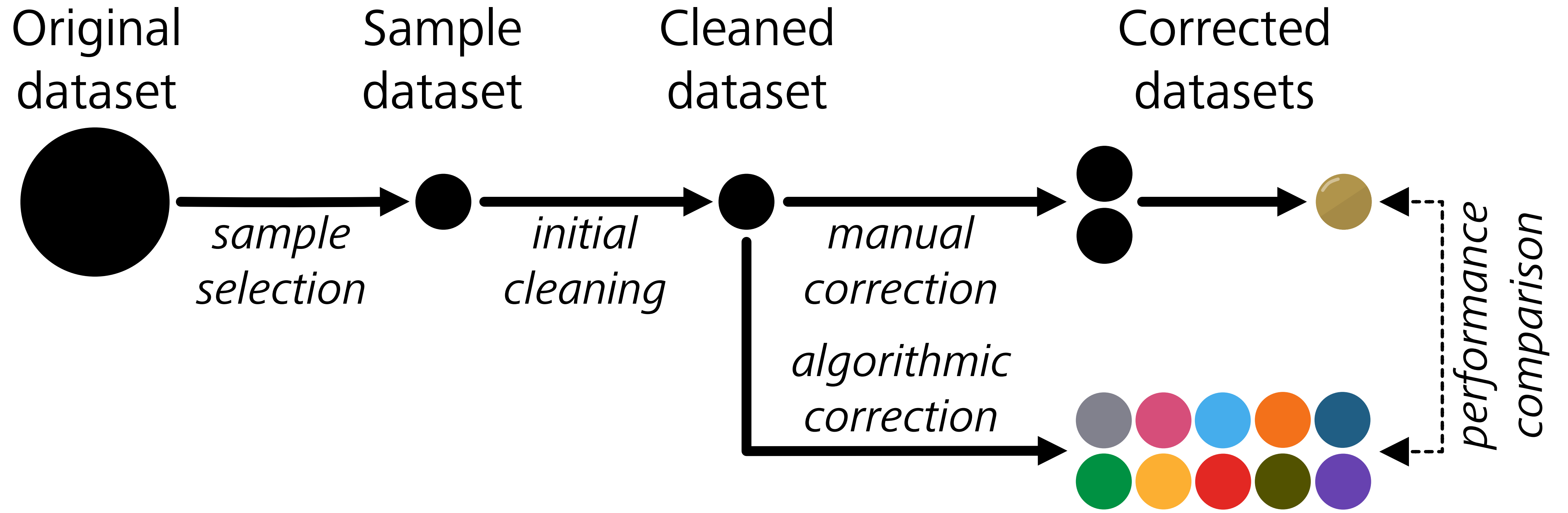
# Phenomena that the algorithms are invariant to



*Performance on  
natural data*



# Performance on natural data



# Example trial by an adult

Original data

C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché sono vecchio non gli servo più".

attach

C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché sono vecchio non gli servo più".

chain

C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché sono vecchio non gli servo più".

Gold standard manual correction

C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché sono vecchio non gli servo più".

regress

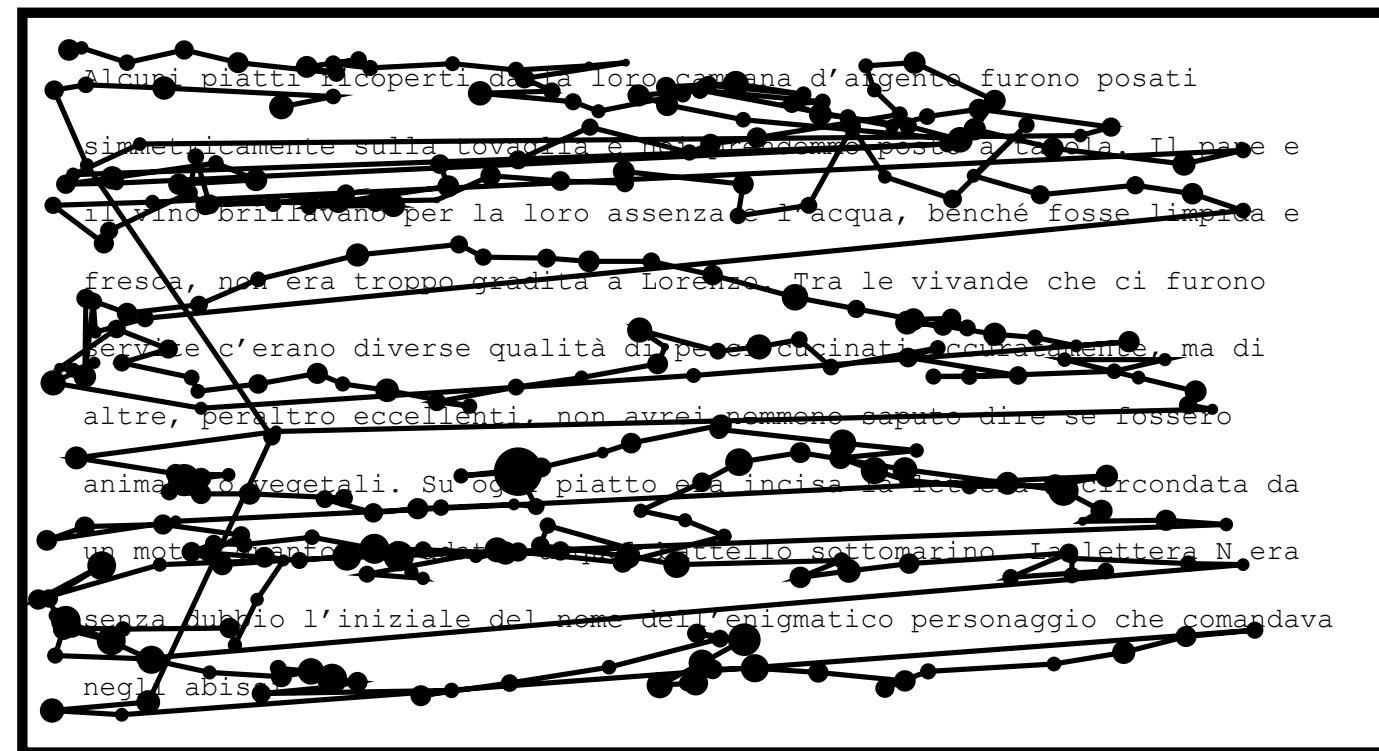
C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché sono vecchio non gli servo più".

warp

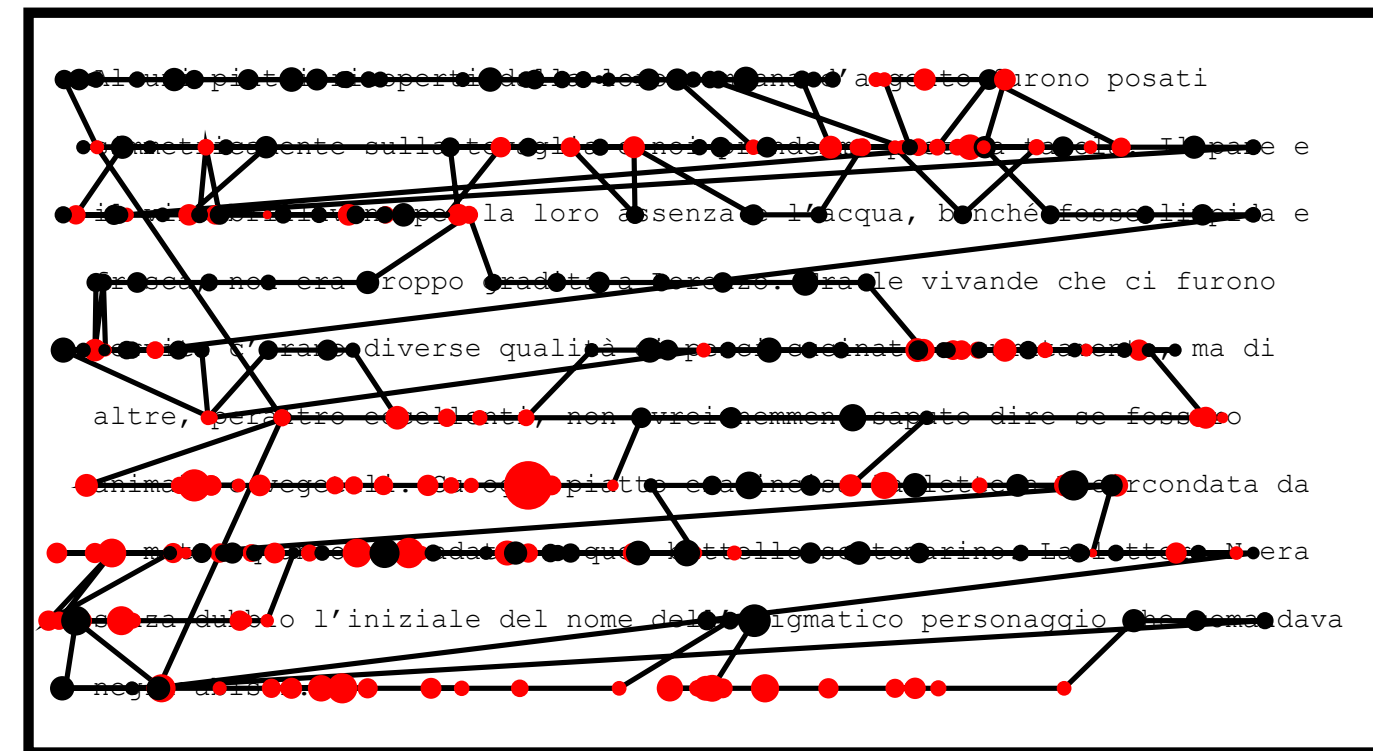
C'era una volta un vecchio asino che aveva lavorato sodo per tutta la vita. Ormai non era più capace di portare pesi e si stancava facilmente, per questo il suo padrone aveva deciso di relegarlo in un angolo della stalla ad aspettare la morte. L'asino però non voleva trascorrere così gli ultimi anni della sua vita. Decise di andarsene a Brema, dove sperava di poter vivere facendo il musicista. Si era incamminato da poco quando incontrò un cane, magro e ansimante. "Come mai hai il fiatone?" gli chiese. "Sono dovuto scappare in tutta fretta per salvare la pelle" gli rispose il cane. "Il mio padrone voleva uccidermi, perché sono vecchio non gli servo più".

# Example trial by a child

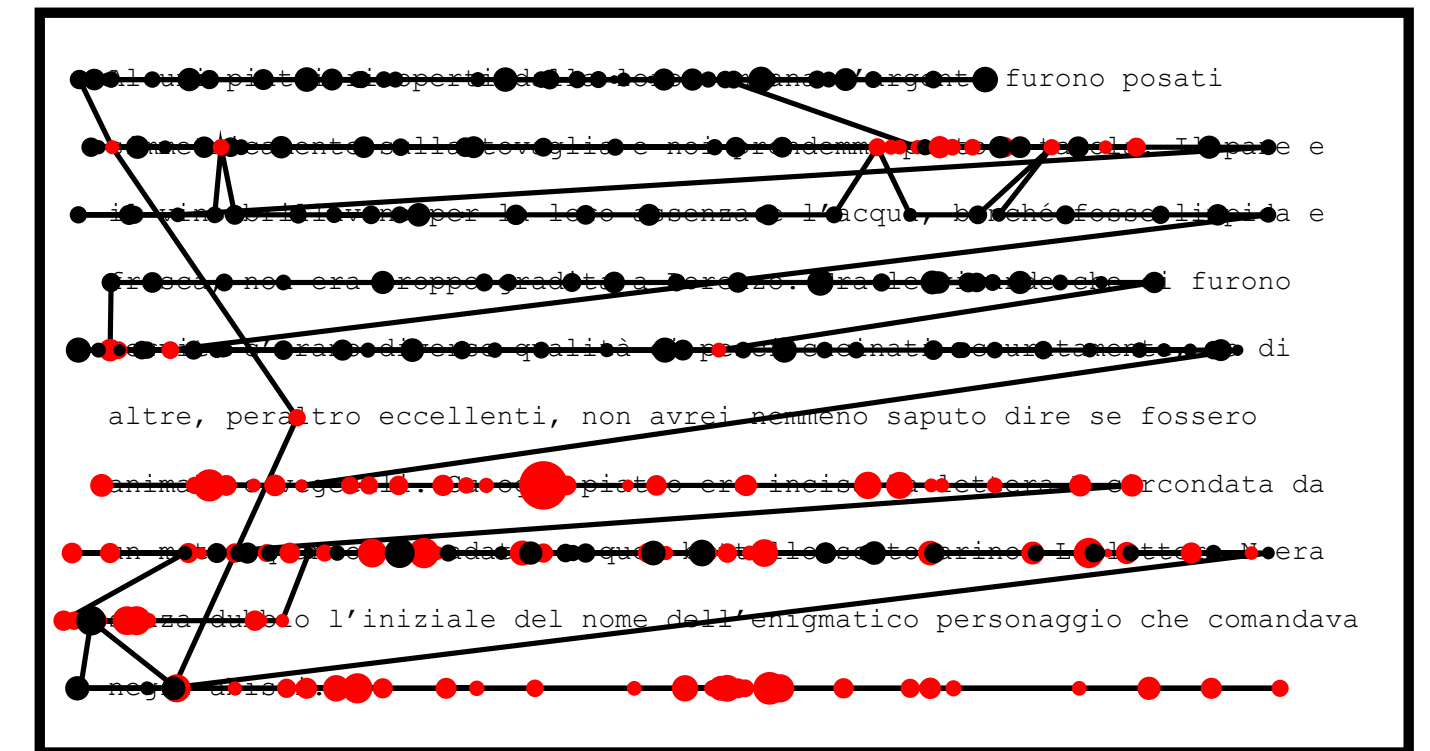
Original data



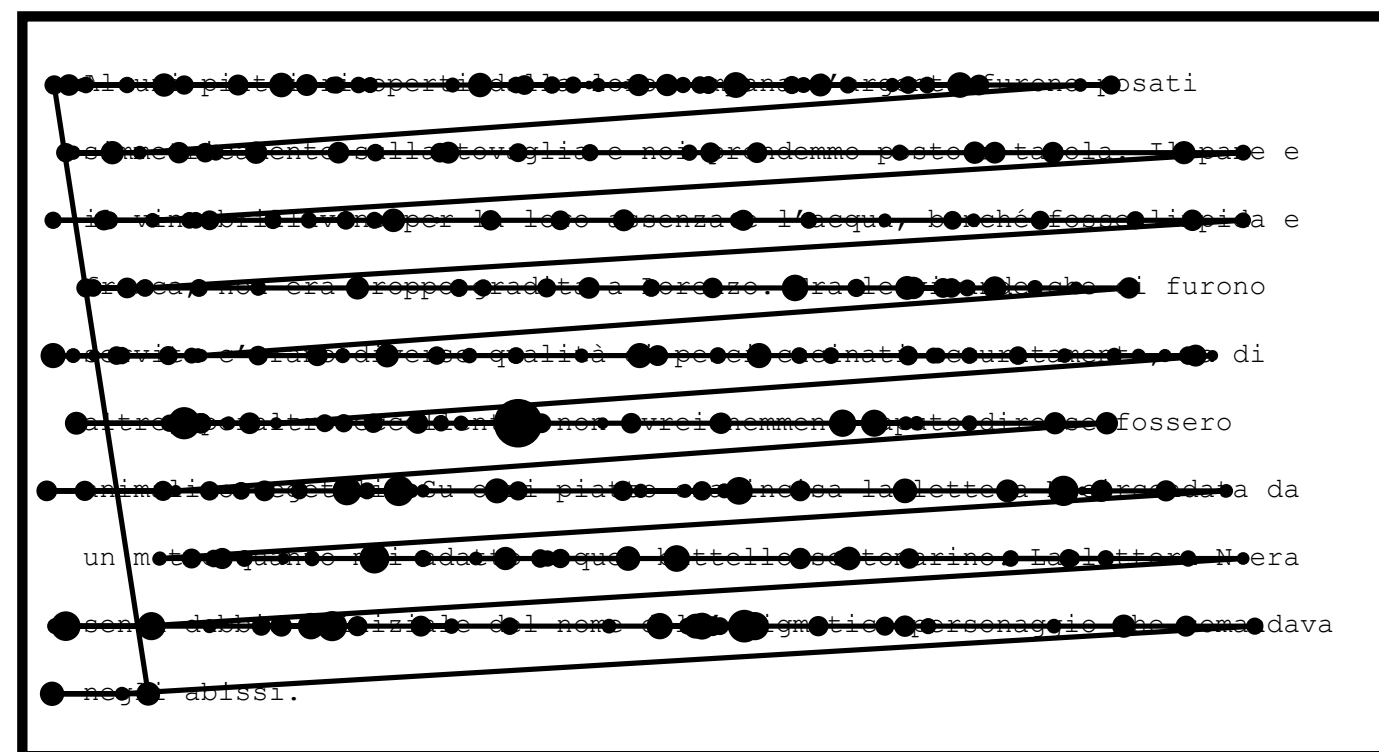
attach



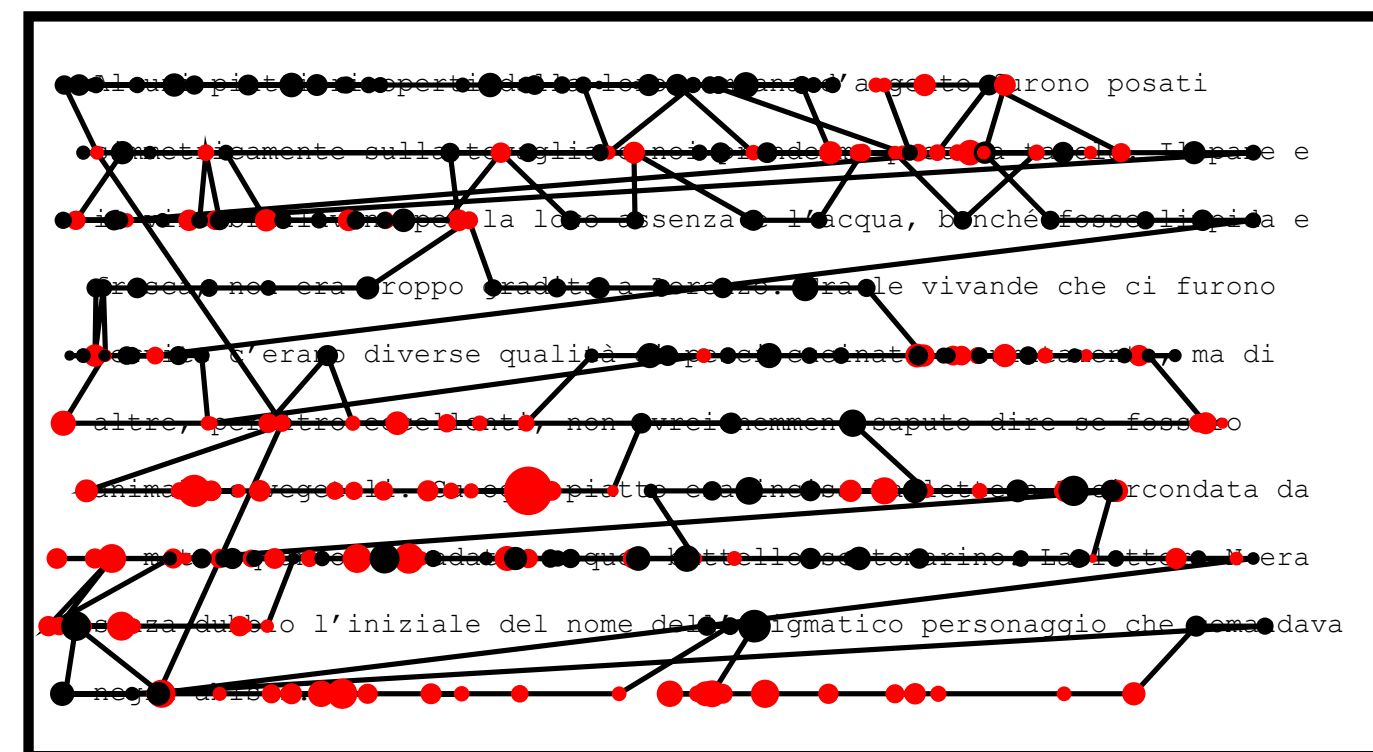
chain



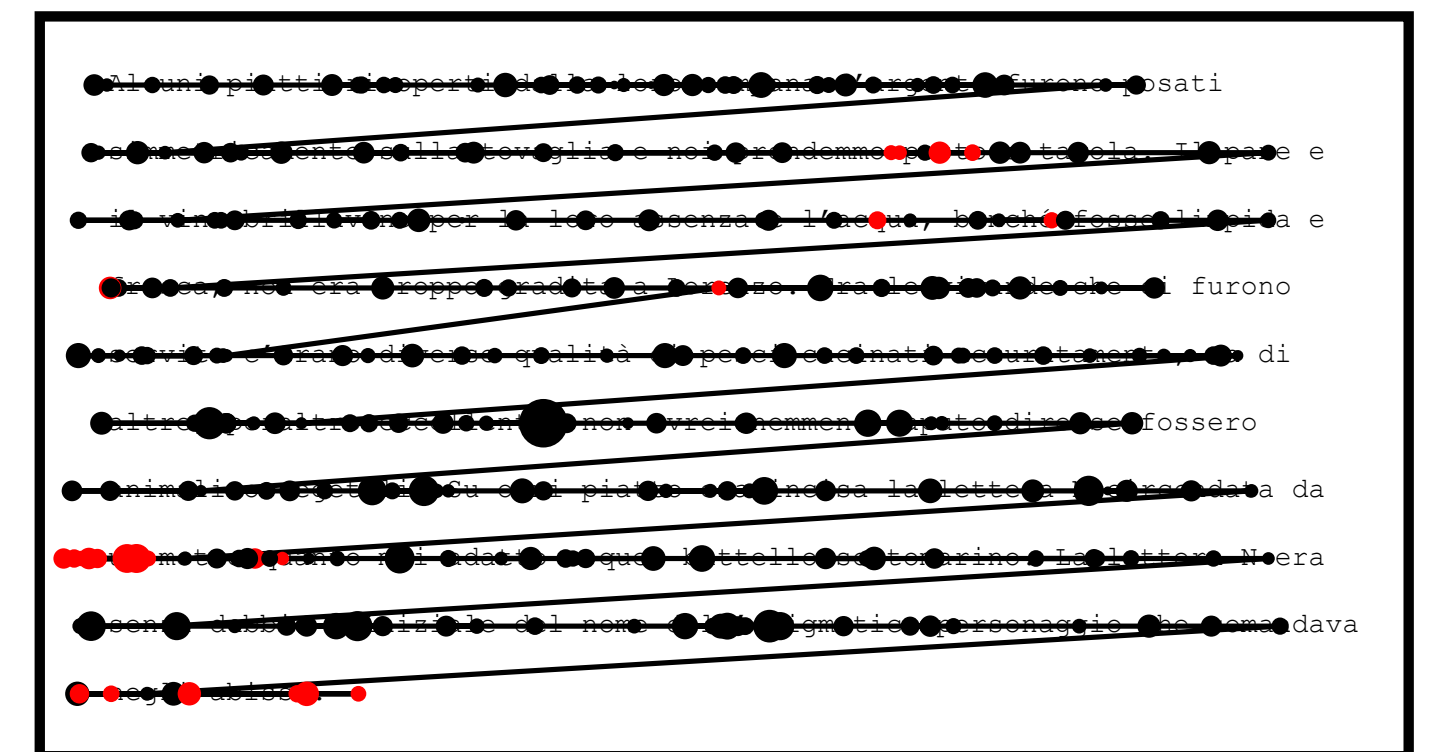
Gold standard manual correction



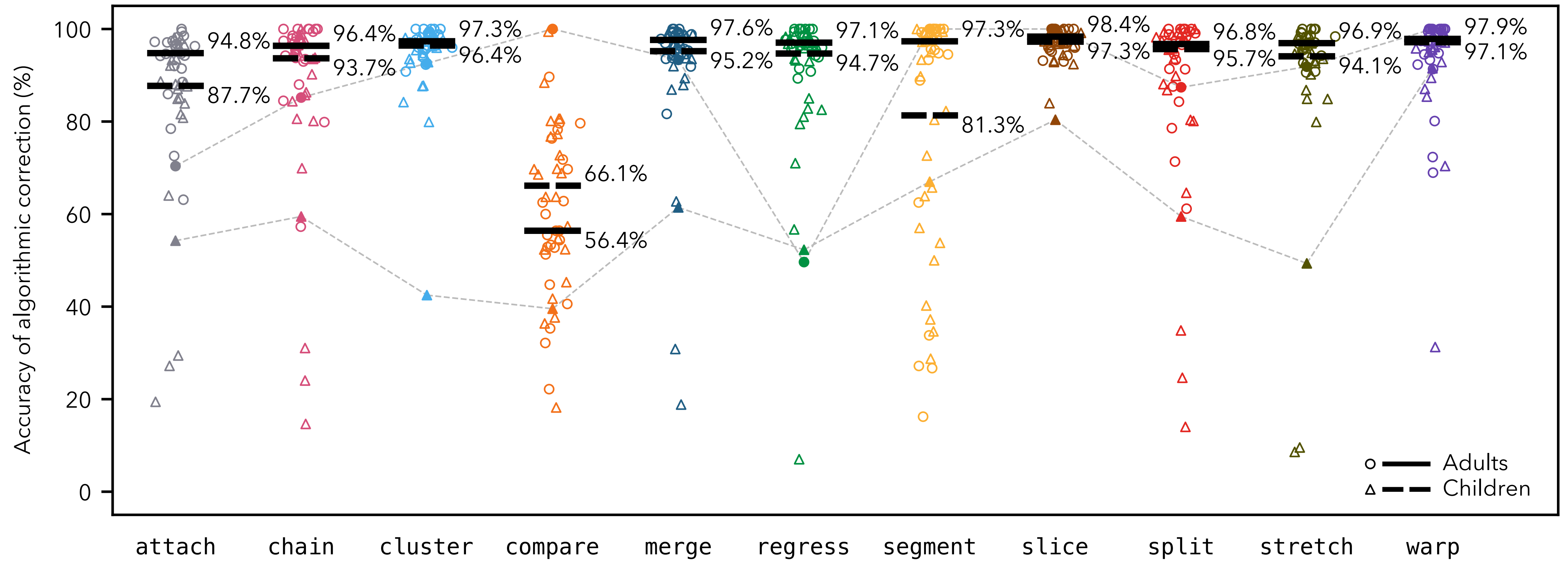
regress



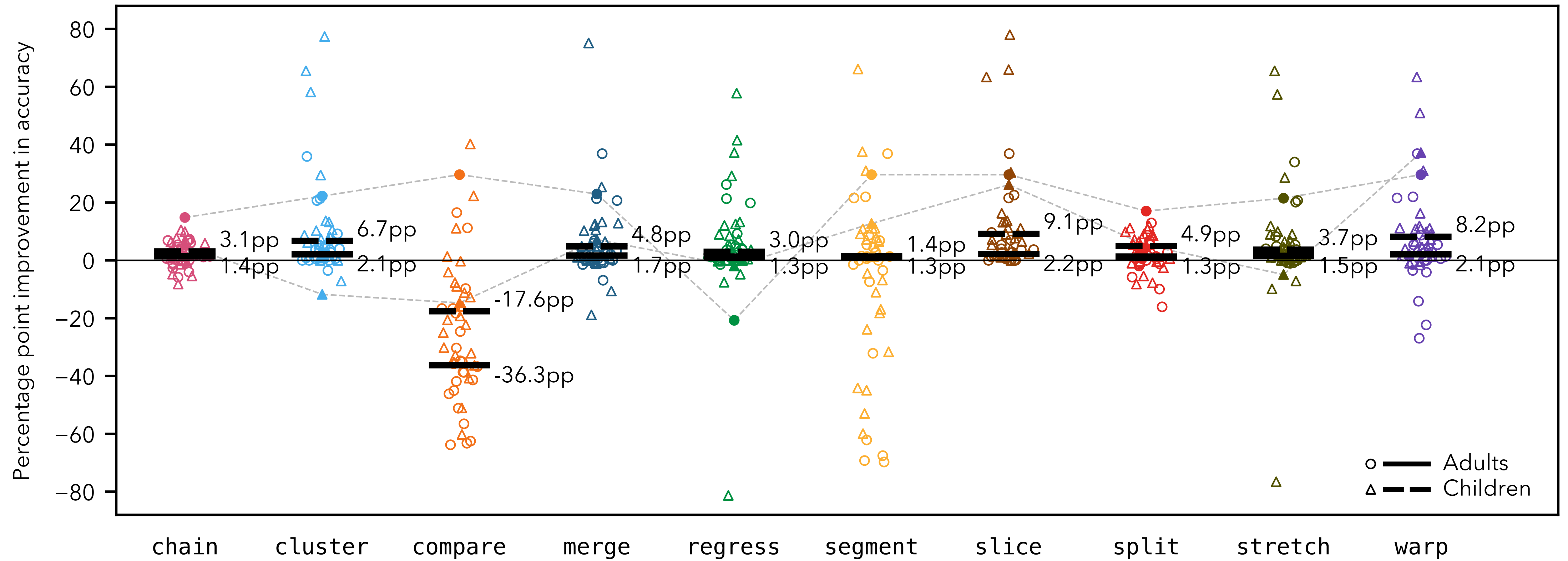
warp

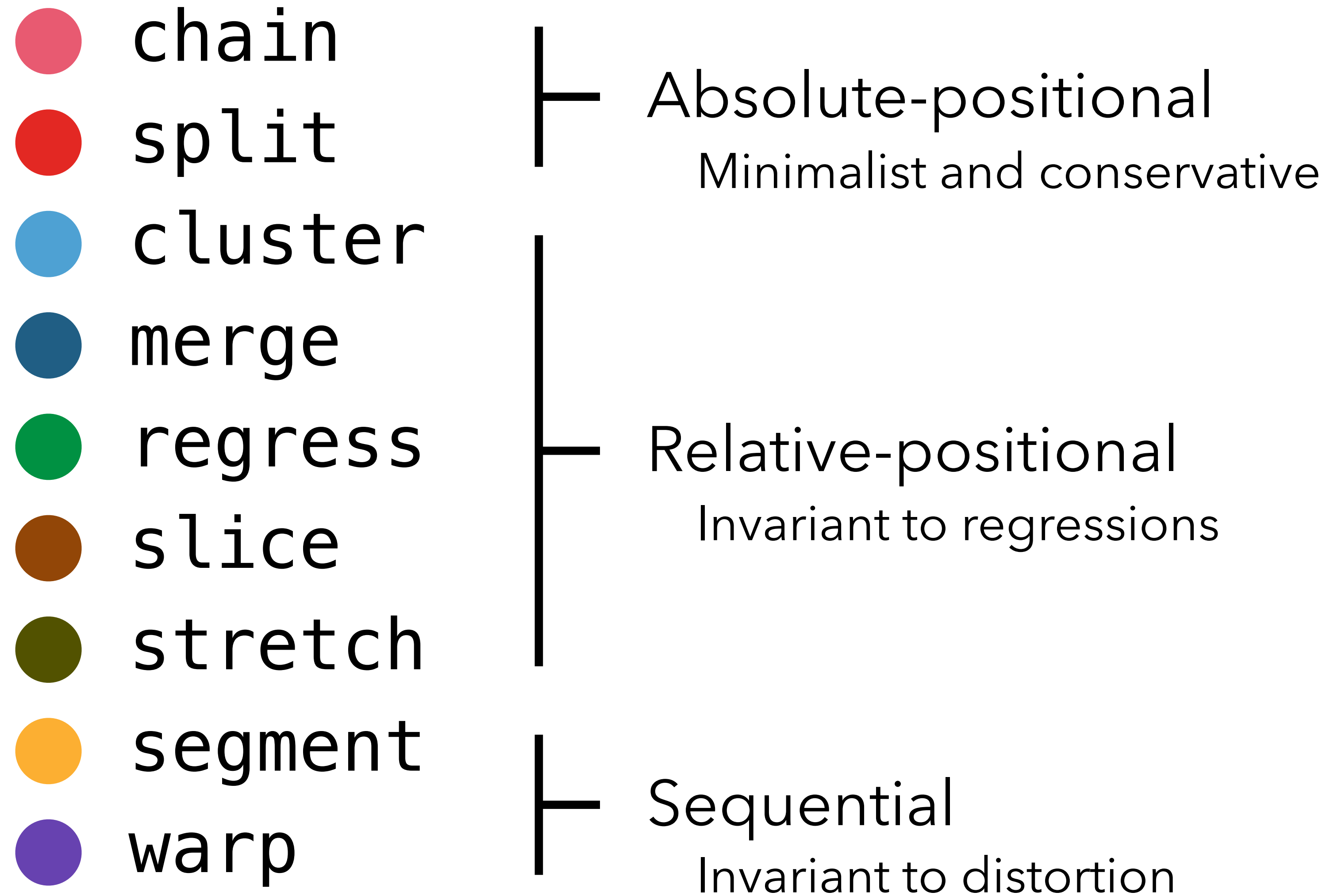


# Accuracy against the gold standard



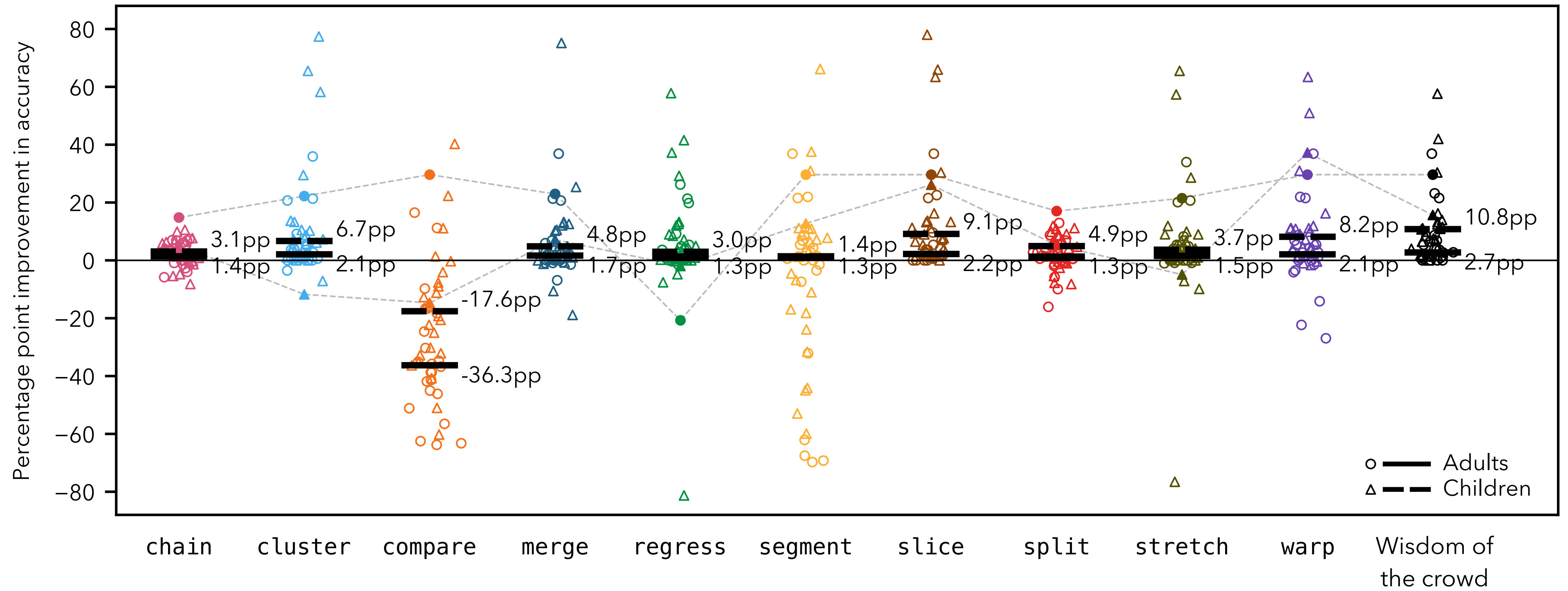
# Improvement over no drift correction





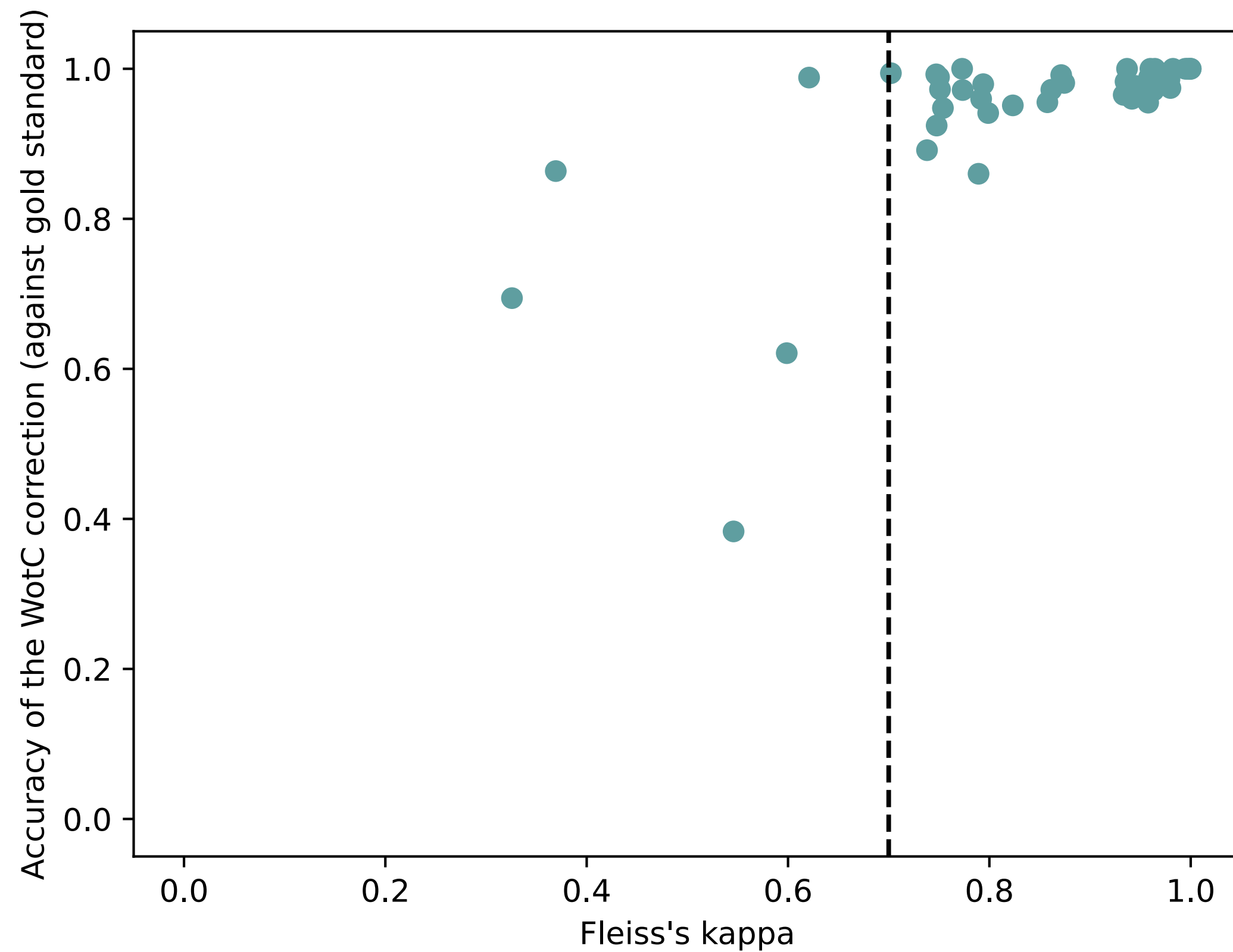


# Wisdom of the crowd

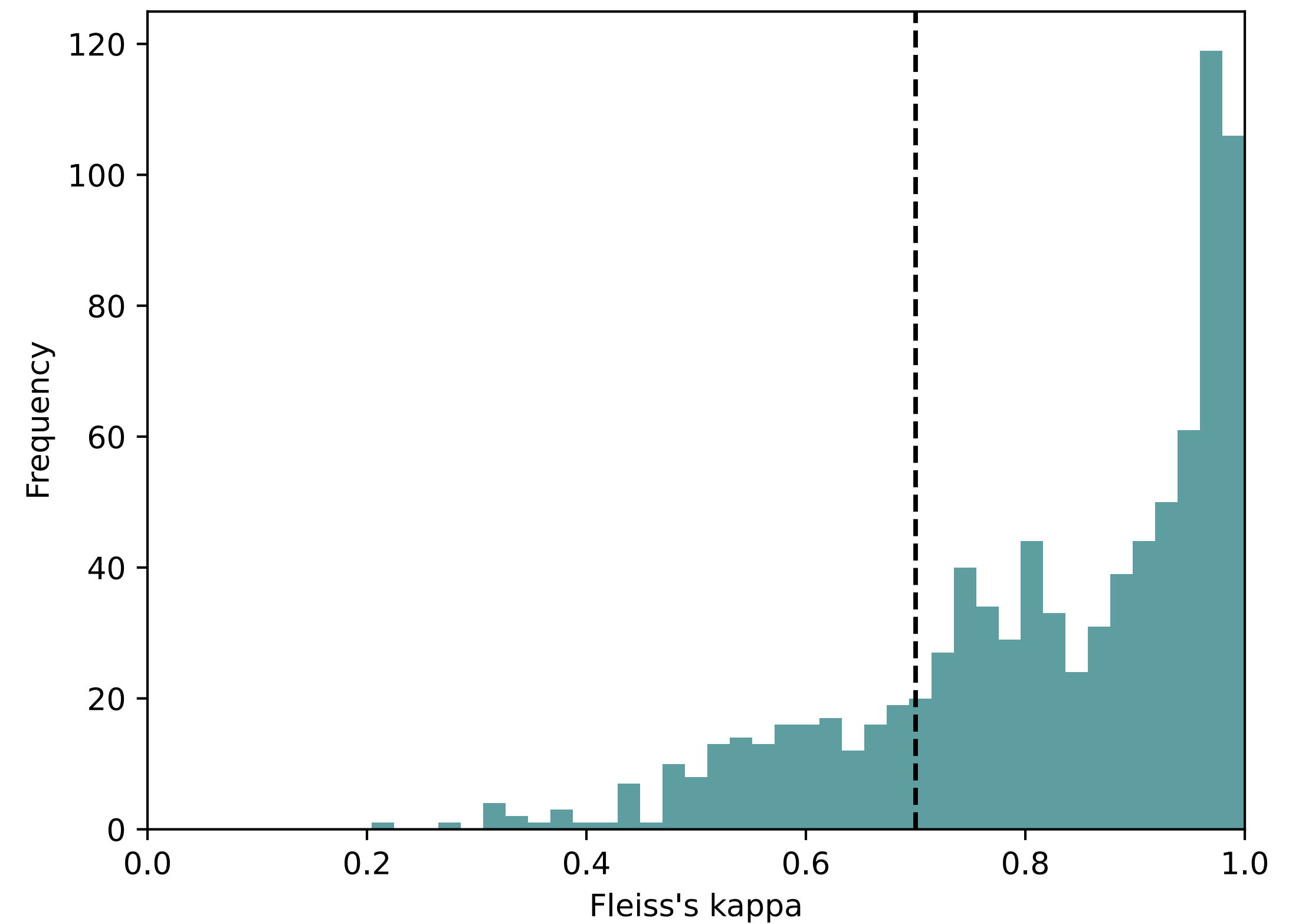


# Interrater reliability as a measure of trial quality

Sample dataset (48 trials)



Entire dataset (877 trials)





# Conclusions

1. We have provided a systematic comparison of the major algorithms, which should give researchers more confidence in using these methods
2. We have laid a solid foundation for future work in this area by unifying a disparate literature under a single framework
3. No silver bullet – some work will still be required to clean multiline reading data
4. Combining the solutions of many algorithms may provide better overall results and offers a way to evaluate trial quality

Read the paper here:  
[doi.org/h8nz](https://doi.org/h8nz)



**eyekit**

<https://github.com/jwcarr/eyekit>



**popEye**

<https://github.com/sascha2schroeder/popEye>