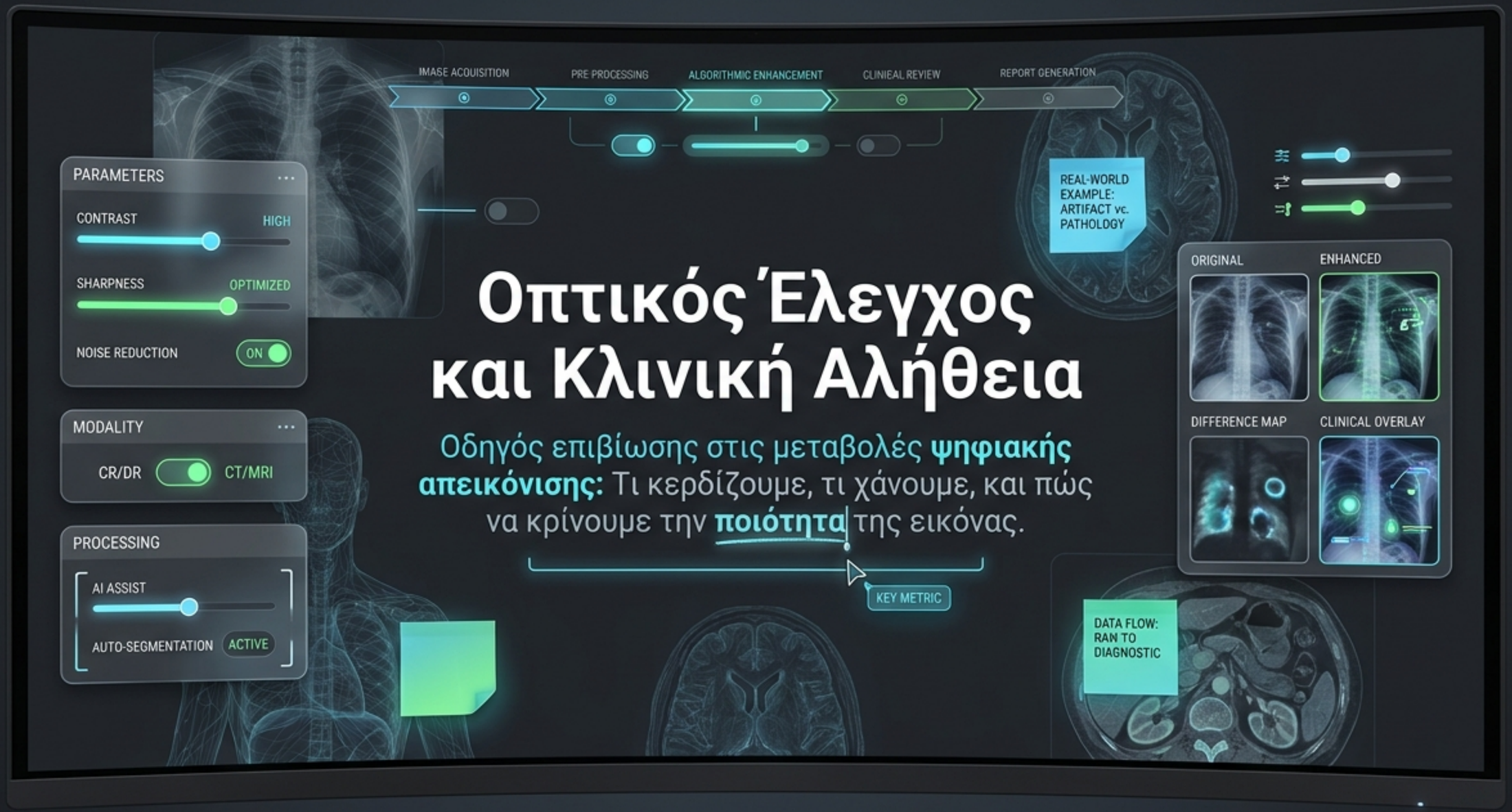


Οπτικός Έλεγχος και Κλινική Αλήθεια

Οδηγός επιβίωσης στις μεταβολές **ψηφιακής απεικόνισης:** Τι κερδίζουμε, τι χάνουμε, και πώς να κρίνουμε την **ποιότητα** της εικόνας.

Χρίστος Ι. Γρηγοριάδης | 2024

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Πότε μια αλλαγή βελτιώνει την εικόνα;



Δεν αρκεί να πούμε «**φαίνεται καλύτερη**».

Η σωστή ερώτηση είναι: «**Ποια πληροφορία αναδείχθηκε και ποια μπορεί να χάθηκε;**»

Τρία Στάδια Αλλαγής

ON

Λήψη: Φυσική καταγραφή του σήματος (π.χ. Κίνηση).

Επεξεργασία: Αλγοριθμική μεταβολή (π.χ. Φίλτρα).

1
-1

Παρουσίαση: Οπτική προβολή δεδομένων (π.χ. Παράθυρο).

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Φωτεινότητα ≠ Έκθεση

Φυσικό Φιλμ



Οπτική Πυκνότητα (OD):
OD 1 = Περνά το 10% του φωτός.
OD 2 = Περνά το 1% του φωτός (10 φορές λιγότερο, όχι 2).

Ψηφιακή UI



Φωτεινότητα Οθόνης



Η αύξηση της φωτεινότητας στην οθόνη αλλάζει μόνο την παρουσίαση, δεν διορθώνει μια κακή λήψη ούτε αλλάζει τη δόση.

ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

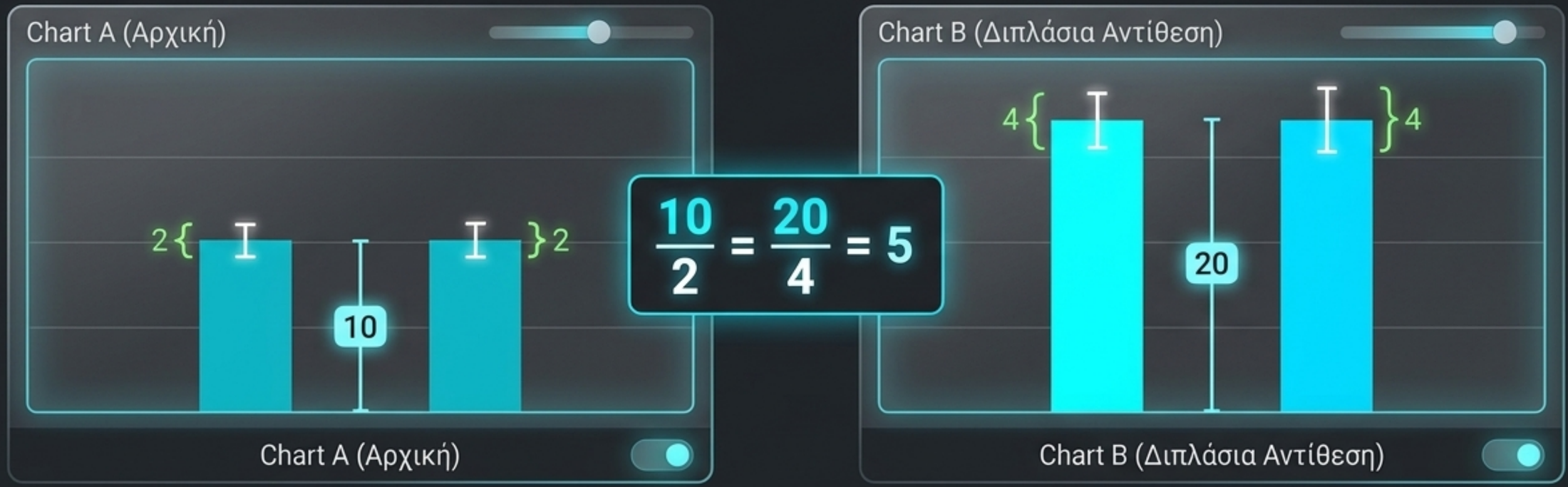
Δύο ψηφιακές λήψεις μπορεί να φαίνονται εξίσου φωτεινές μετά την αυτόματη επεξεργασία, αλλά να έχουν εντελώς **διαφορετικό επίπεδο θορύβου** και **δόσης**.

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Η Ψευδαίσθηση της Αντίθεσης

Περισσότερη αντίθεση κάνει τις περιοχές να ξεχωρίζουν στο μάτι, αλλά δεν προσθέτει νέα πληροφορία στη λήψη. σπναρσυιτνι στες τερσιτ κατηικς αλόγας



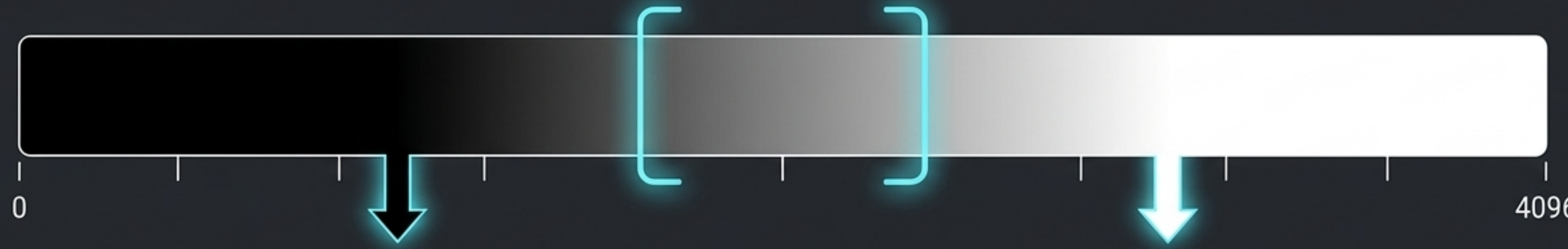
$$\frac{10}{2} = \frac{20}{4} = 5$$

TRADE-OFF Ο θόρυβος (κόκκος) μεγεθύνεται εξίσου. Αν ο θόρυβος διπλασιαστεί (από 5 σε 10), ο λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR) πέφτει στο μισό.

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Η Μηχανική του Παραθύρου (Width & Level)



Στενό Παράθυρο

- **Κέρδος:** Αναδεικνύει μικρές διαφορές.
- **Ρίσκο:** Τιμές εκτός ορίου γίνονται καθαρό μαύρο/λευκό.

Πλατύ Παράθυρο

- **Κέρδος:** Μεγαλύτερο εύρος τιμών.
- **Ρίσκο:** Μικρές διαφορές γίνονται αχνές.

Μετακίνηση Κέντρου (Level)

- **Κέρδος:** Εστιάζει σε διαφορετικούς ιστούς.
- **Ρίσκο:** Προηγούμενες ορατές διαφορές χάνονται.

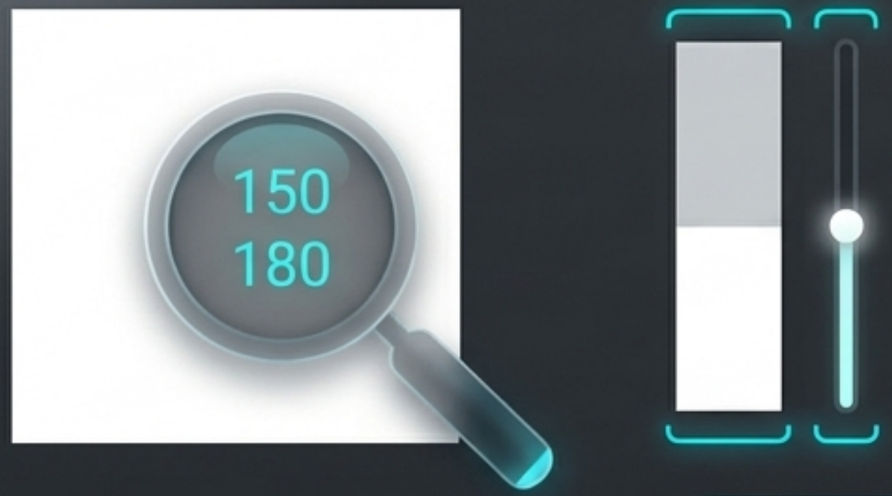
Gemini Notebook



Κορεσμός: Χάθηκε η Πληροφορία ή Απλώς Κρύφτηκε;

Μια λευκή περιοχή δεν έχει απαραίτητα χάσει την πληροφορία της. Η διαφορά εξαρτάται από το στάδιο.

Κορεσμός Εμφάνισης



Κορεσμός Καταγραφής





ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αν διαφορετικά σήματα αποθηκεύτηκαν σε διαφορετικές τιμές (150 & 180), ένα άλλο παράθυρο τα ξεχωρίζει. Αν χτύπησαν οροφή στην καταγραφή, η αλλαγή προβολής δεν τα επανοφέρει ποτέ.

Gemini Notebook

Φίλτρα: Το Δίλημμα Εξομάλυνσης και Ενίσχυσης

Εξομάλυνση (Smoothing)	Ενίσχυση Ορίων (Edge Enhancement)
Οπτικό Κέρδος: Λιγότερος κόκκος (θόρυβος).	**Οπτικό Κέρδος:** Πιο καθαρά και έντονα περιγράμματα.
Κλινικό Ρίσκο: Μικρά φωτεινά σημεία μαλακώνουν και συγχωνεύονται με το φόντο. Λεπτές δομές θολώνουν.	**Κλινικό Ρίσκο:** Ενίσχυση του θορύβου. Δημιουργία τεχνητών στεφανιών (halos) που μοιάζουν με ανατομία αλλά δεν είναι.

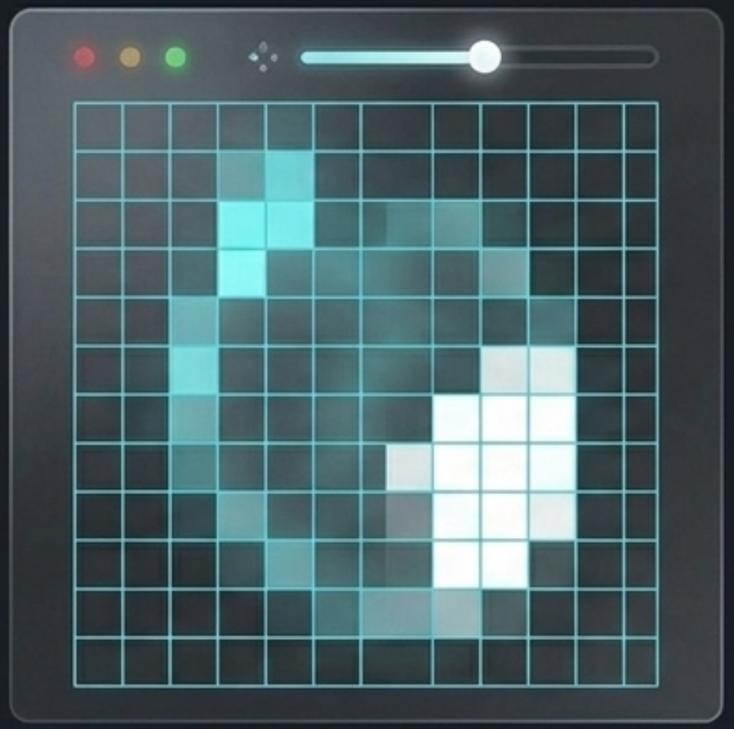
Η επεξεργασία ΔΕΝ εγγυάται ανάκτηση πληροφορίας που έλειπε εξαρχής.

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Περισσότερα Pixel ≠ Περισσότερη Λεπτομέρεια

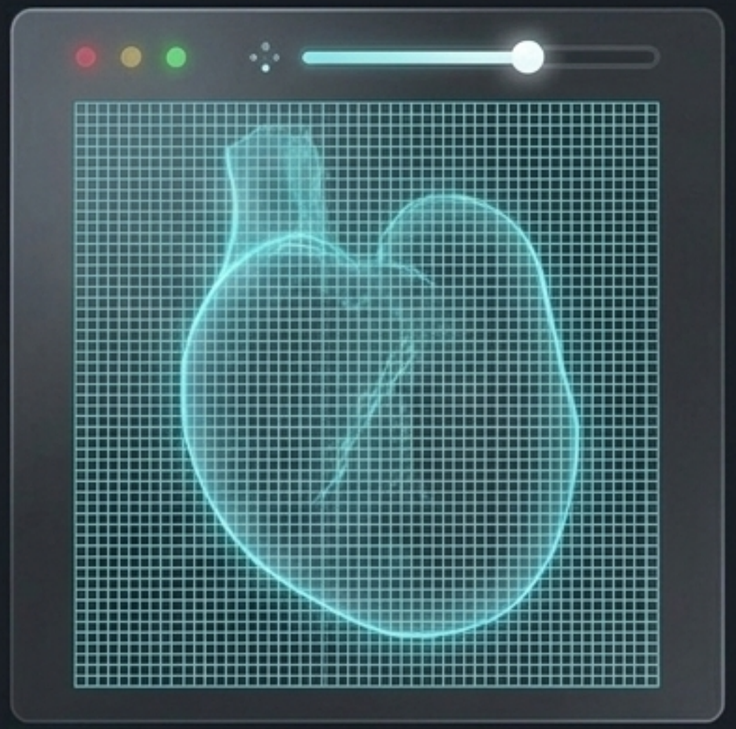
Η λεπτότερη καταγραφή βοηθά. Η ψηφιακή μεγέθυνση μιας αποθηκευμένης εικόνας (π.χ. από 512 σε 1024) απλώς υπολογίζει ενδιάμεσες τιμές. Δεν ισοδυναμεί με νέα λεπτομέρεια.



Πεδίο 256 mm / 512 στοιχεία
= 0.5 mm ανά στοιχείο.

Παρεμβολή (Interpolation)





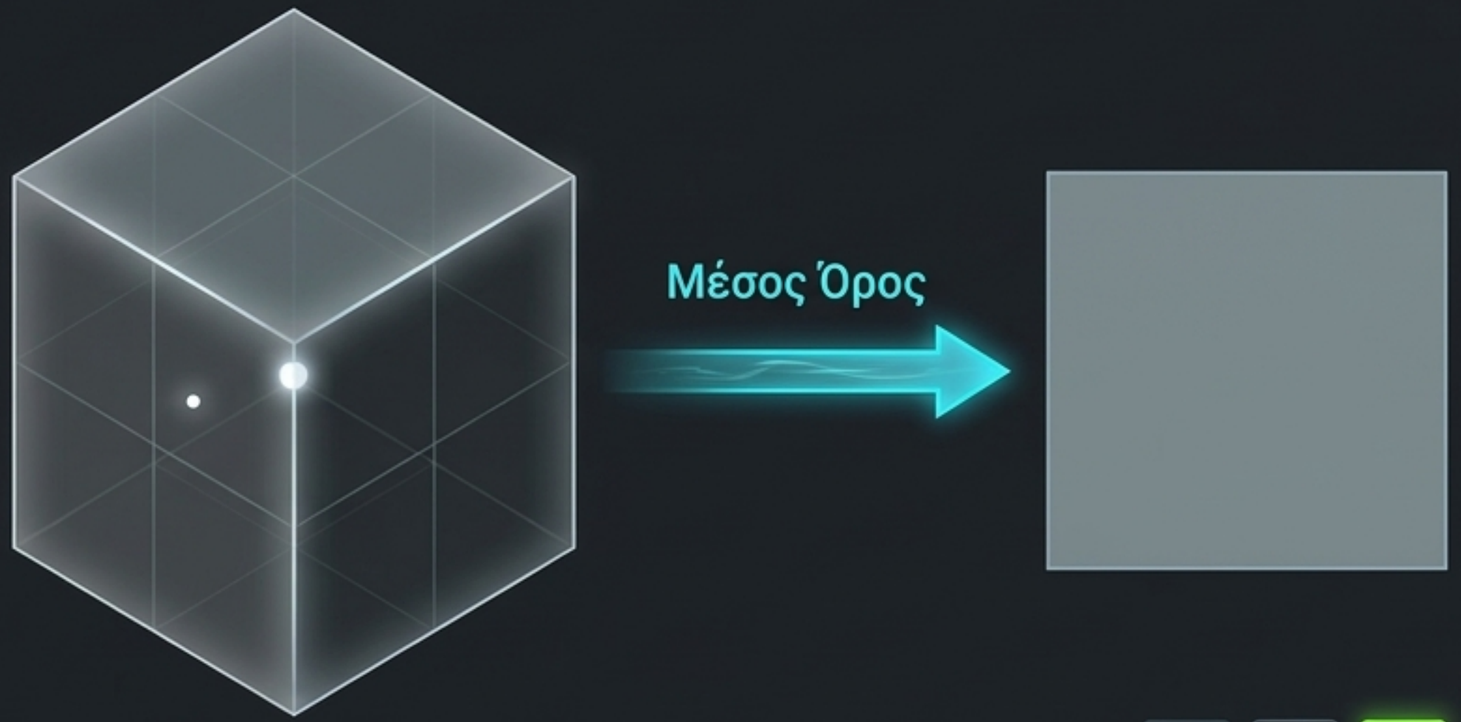
Πεδίο 256 mm / 1024 στοιχεία
= 0.25 mm.

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Πάχος Τομής & Φαινόμενο Μερικού Όγκου

Μια τομή αντιπροσωπεύει έναν όγκο. Αν διαφορετικοί ιστοί βρίσκονται μέσα στο ίδιο στοιχείο, η τελική τιμή είναι ο μέσος όρος τους.



Trade-off Scale

Παχύτερη Τομή

- Λιγότερος θόρυβος.
- Κίνδυνος να χαθεί μια πολύ μικρή δομή λόγω ανάμειξης.

Λεπτότερη Τομή

- Διαχωρίζει μικρές δομές στον άξονα Z.
- Αυξάνει τον κόκκο (θόρυβο).

Gemini Notebook

Λήψη → Επεξεργασία → Παρουσίαση

Βάθος Bit και η Σκάλα της Κβάντισης

Το σώσιμο ενός στιγμιότυπου σε 8-bit καταστρέφει τα κλινικά δεδομένα. Αποθήκευση ξανά σε υψηλά bit αργότερα δεν τα επαναφέρει.



ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αν έχουμε 4.096 αρχικές τιμές και τις κωδικοποιήσουμε σε σύστημα 8-bit, τότε 4.096 / 256 = 16 τιμές.

16 διαφορετικές αρχικές αποχρώσεις ισοπεδώνονται στον ίδιο κωδικό.

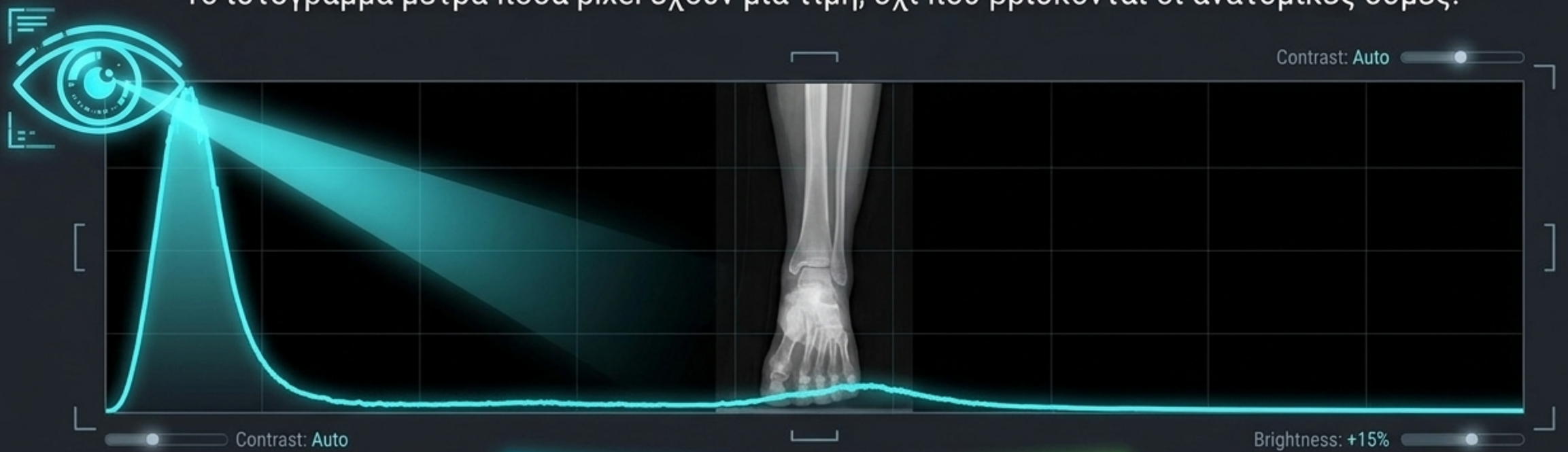
Δεν ξεχωρίζουν πλέον ποτέ.

Gemini Notebook

Λήψη → Επεξεργασία → Παρουσίαση

Ο Κίνδυνος της Αυτόματης Επεξεργασίας

Το ιστόγραμμα μετρά πόσα pixel έχουν μια τιμή, όχι πού βρίσκονται οι ανατομικές δομές.



ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αν μεγάλο μέρος της λήψης είναι αέρας/κενό (εκτός ενδιαφέροντος), η αυτόματη ανάλυση μπορεί να ξεγελαστεί και να κάνει την ανατομία πιο σκοτεινή ή με λάθος αντίθεση. Το λογισμικό είναι τυφλό στην κλινική σημασία.

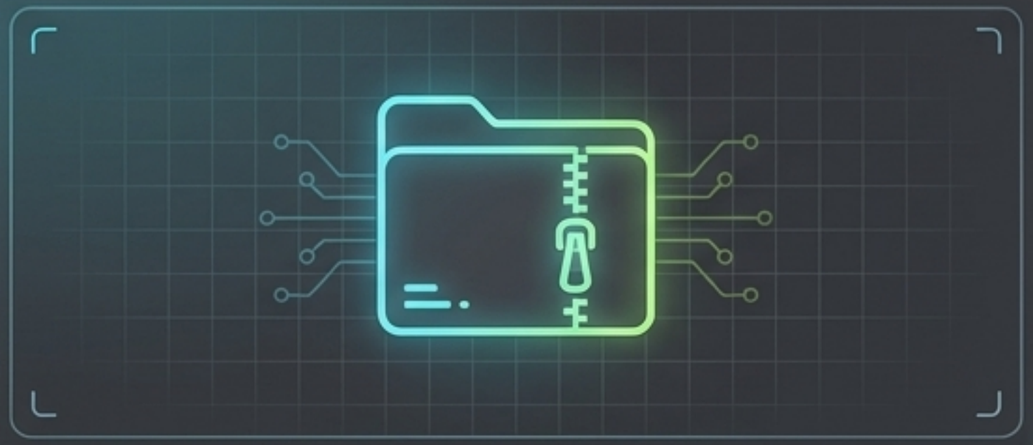
Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Το Περιβάλλον: Συμπίεση & Συνθήκες Προβολής

Ακόμη και με το ίδιο ακριβώς αρχείο (DICOM), η κλινική αλήθεια αλλοιώνεται από:

Συμπίεση



- Lossless: ακριβής ανακατασκευή.
- Lossy: μικρότερο αρχείο, μόνιμη διαγραφή δεδομένων. Η αποσυμπίεση δεν επαναφέρει την πληροφορία.

Οθόνη & Φωτισμός



- Μια αντανάκλαση εξαφανίζει τις σκοτεινές λεπτομέρειες, ανεξάρτητα από την ποιότητα του αρχείου.
- Βαθμονόμηση (DICOM GSDF): Απαιτείται για τυποποιημένη απόδοση του γκρι.

Gemini Notebook

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Το Πλαίσιο της Δίκαιης Σύγκρισης

Πώς κρίνουμε την επίδραση μιας αλλαγής; Αν αλλάξουν πολλά πράγματα μαζί, είναι αδύνατο να βρούμε την αιτία. Απαιτείται απομόνωση των μεταβλητών.

ON	**Ίδιο Αντικείμενο; (Χρήση ομοιωμάτων / phantoms)** Μην μπερδεύετε ανατομικές διαφορές με τεχνικές.
ON	**Γνωστή Μεταβλητή;** Ποια ακριβώς ρύθμιση άλλαξε;
ON	**Ειδικός Στόχος;** Ποια συγκεκριμένη δομή θέλουμε να δούμε;
ON	**Ίδιες Συνθήκες;** Συγκρίσιμος φωτισμός και οθόνη.

ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αν μια εικόνα έχει λιγότερο θόρυβο, αλλά έχει αλλάξει το φίλτρο ΚΑΙ το πάχος τομής, δεν μπορούμε να αποδώσουμε τη βελτίωση μόνο στο φίλτρο.

Gemini Notebook

Ο Απόλυτος Οδηγός Ελέγχου Αλλαγών

Λήψη — Επεξεργασία — Παρουσίαση

Αλλαγή	Όφελος	Τι ελέγχουμε / Κίνδυνος
Στενότερο Παράθυρο	Εντονότερες διαφορές εντός εύρους	Άλλες τιμές γίνονται μαύρες/λευκές
Εξομάλυνση (Φίλτρο)	Λιγότερος κόκκος	Μικρές δομές μπορεί να θολώσουν
Ενίσχυση Ορίων	Έντονα περιγράμματα	Τεχνητά στεφάνια και αύξηση θορύβου
Παχύτερη ανακατασκευή CT	Πιθανή μείωση θορύβου	Μερικός όγκος, απώλεια λεπτομέρειας Z-άξονα
Συμπίεση με Απώλειες	Μικρότερο αρχείο	Ανεπίστρεπτη απώλεια δεδομένων

Η αλλαγή της εμφάνισης δεν είναι αλλαγή της καταγραφής.
Μια πιο όμορφη εικόνα δεν είναι αυτόματα πιο διαγνωστική.

Gemini Notebook