



Προηγμένες μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης για την προστασία, τεκμηρίωση και διάδοση του πολιτιστικού αποθέματος των Δελφών: Το έργο 3D4DELPHI και η Ευρωπαϊκή καμπάνια Twin It!



Μοντελοποίηση αρχαιολογικής αβεβαιότητας με συνδυασμό σύγχρονων μεθόδων 3D αποτύπωσης για την επιστημονική τεκμηρίωση και ανάδειξη πολιτιστικής κληρονομιάς – Εφαρμογή στον αρχαιολογικό χώρο Δελφών

Α. Ψάλτη, Μ. Τσακουμάκη, Κ. Μανιά, Μ. Ξινόγαλος, Μ. Μαραβελάκης

- Εφορεία Αρχαιοτήτων Φωκίδος, Υπουργείο Πολιτισμού
- Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Πολυτεχνείο Κρήτης
- Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
- Astrolabe Engineering, Greece





3D4DELPHI

Στόχοι του έργου



- ❖ Ήδη από τη μεγάλη ανασκαφή των Δελφών, στα τέλη του 19ου αιώνα, τα εμβληματικά μνημεία που ήρθαν στο φως δεν έπαψαν ποτέ να βρίσκονται στο επίκεντρο της αρχαιολογικής έρευνας δημιουργώντας μια συνεχή συζήτηση με μεγάλο ενδιαφέρον για την επιστημονική κοινότητα.
- ❖ Το έργο 3D4Delphi στοχεύει στην ανάπτυξη εναλλακτικών ανακατασκευών επιλεγμένων μνημείων σε μια συγκεκριμένη χρονολογική περίοδο, με βάση τα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία, παρέχοντας διαφορετικά τρισδιάστατα μοντέλα ανακατασκευών στο πλαίσιο της αρχαιολογικής αβεβαιότητας και αξιολόγηση του βαθμού βεβαιότητας κάθε εναλλακτικής περίπτωσης μέσω της μοντελοποίησης αβεβαιότητας με Bayesian λογική.

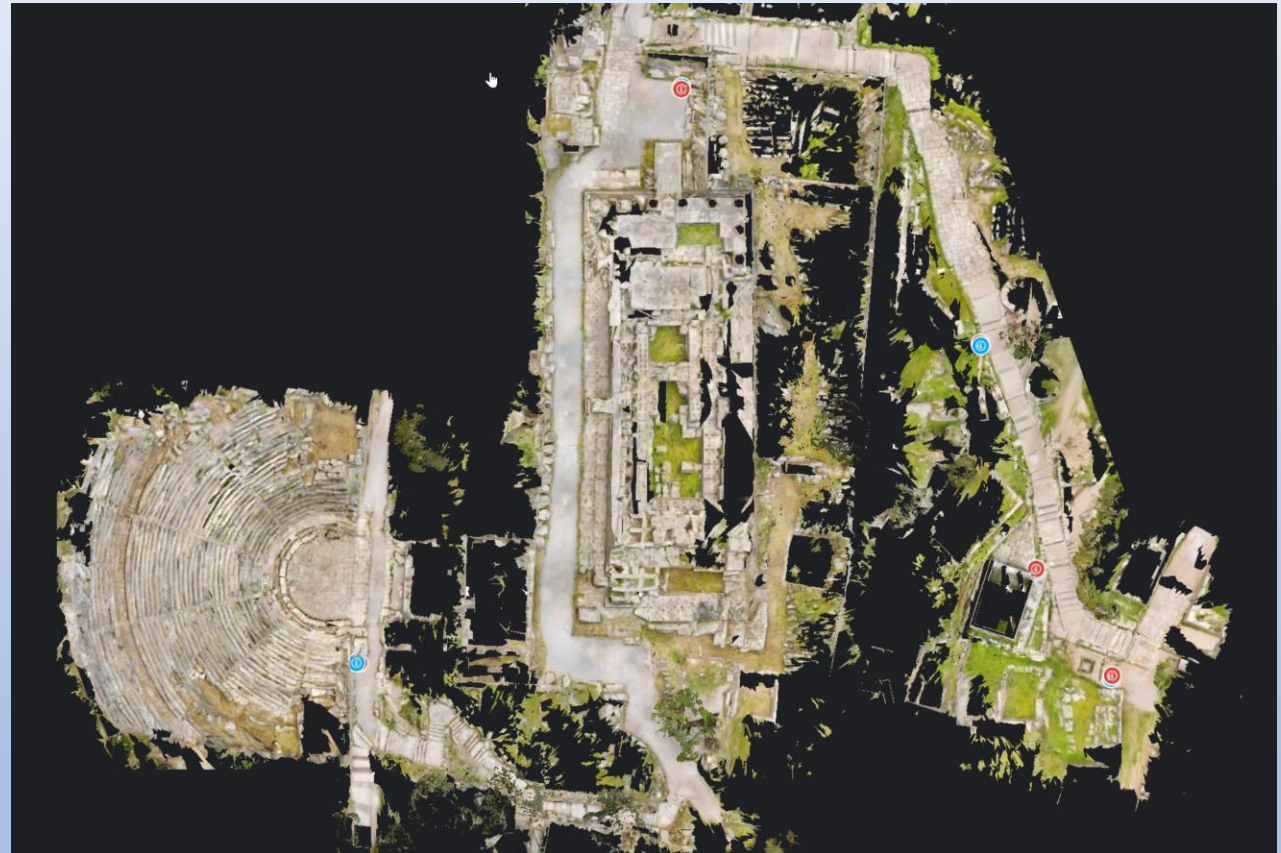


3D4DELPHI Τεκμηρίωση





3D4Delphi 3D Τεκμηρίωση



<https://my.matterport.com/show/?m=UByRvj33KyK&ts=5>

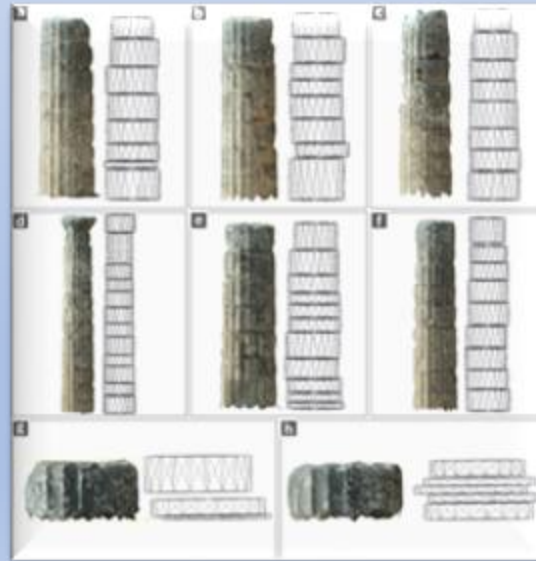


Presented by 3D4Delphi project
A Virtual Tour in Delphi





3D4Delphi3D Τεκμηρίωση





3D4DELPHI Τεκμηρίωση



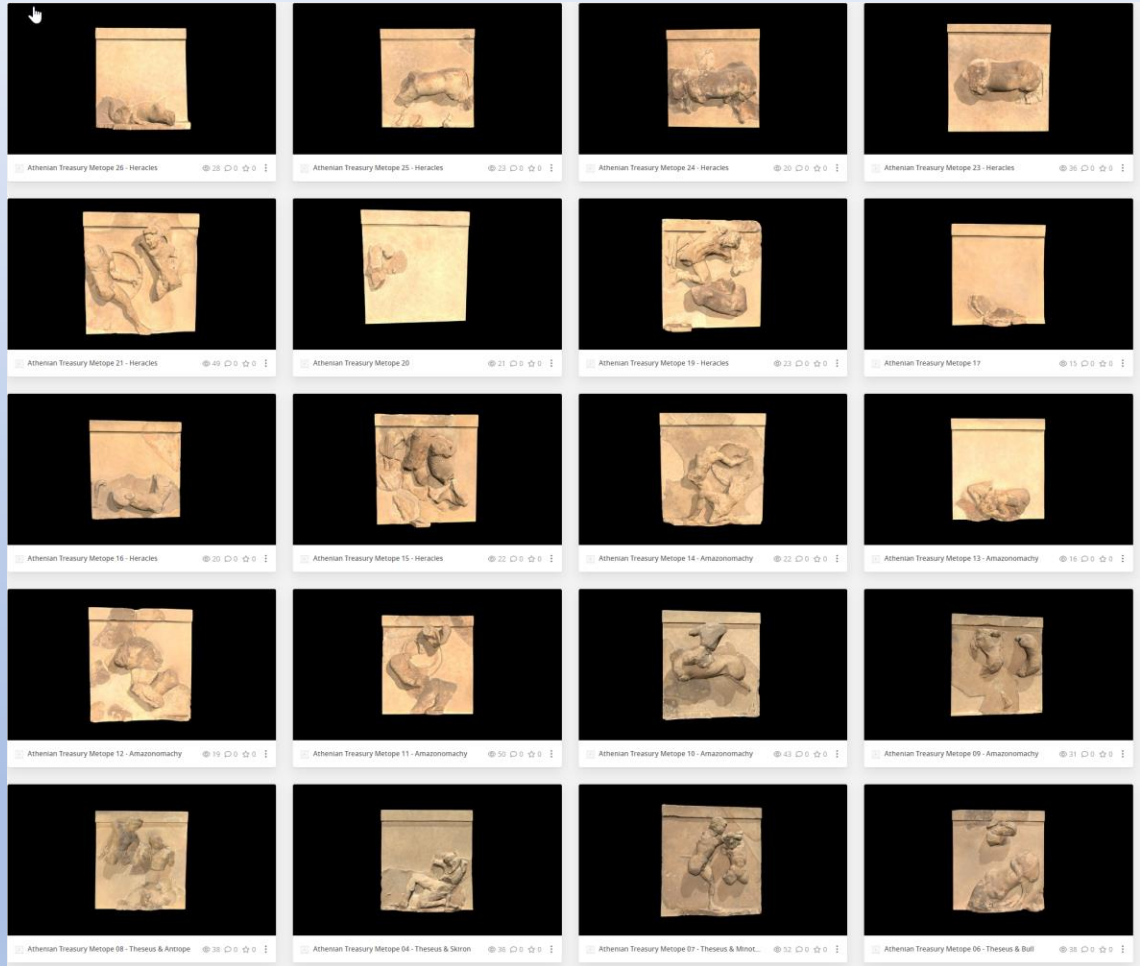
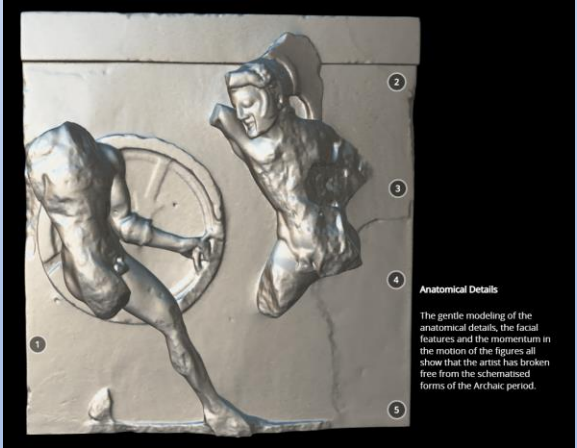


3D4DELPHI 3D Τεκμηρίωση





3D4Delphi 3D Models



➤ Ο χρήστης έχει την επιλογή να επιλέξει μοντέλο και να παρατηρήσει με λεπτομέρεια το αντικείμενο, λαμβάνοντας τις αντίστοιχες πληροφορίες για το αντικείμενο ή το μνημείο σε Ελληνικά και Αγγλικά.

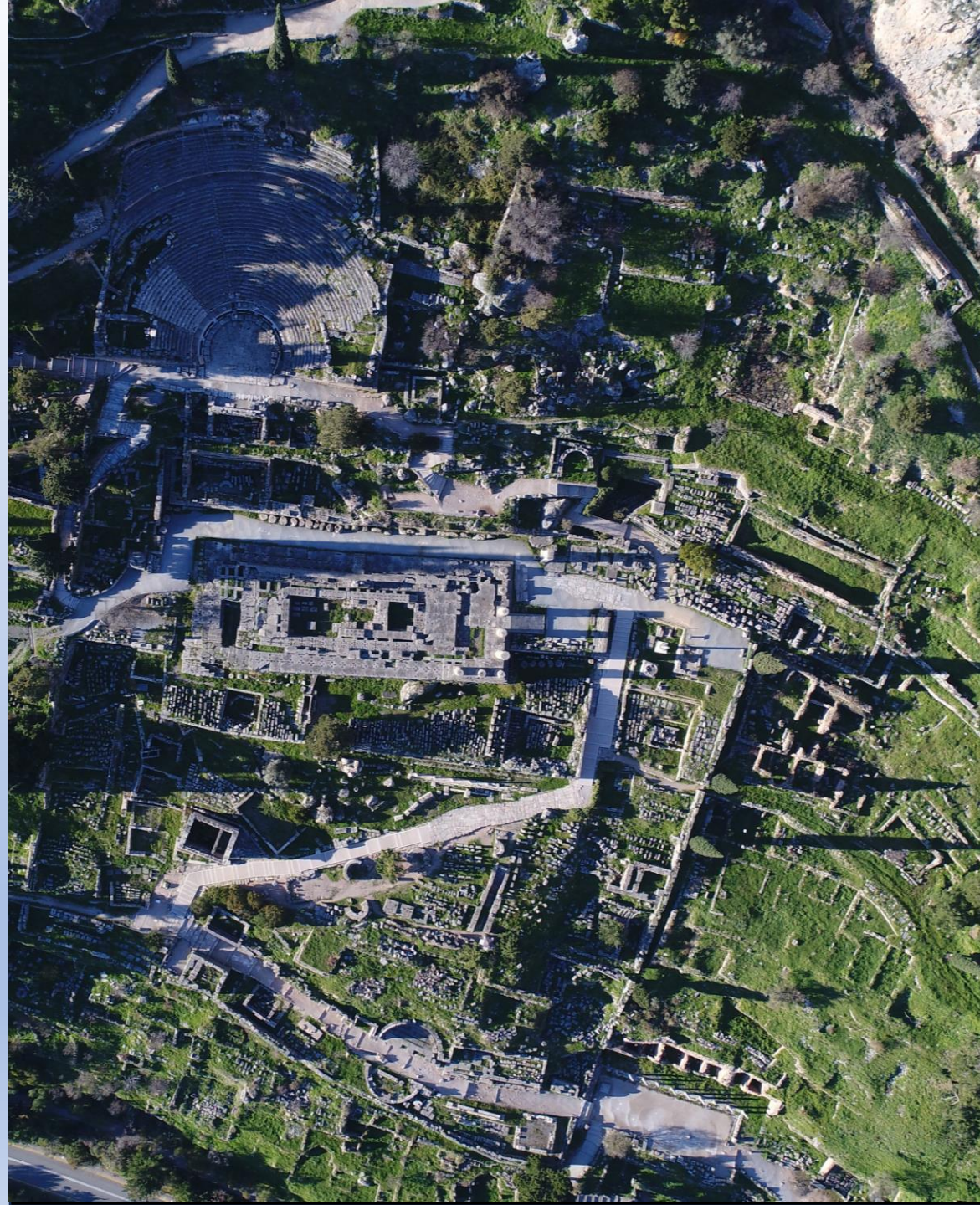
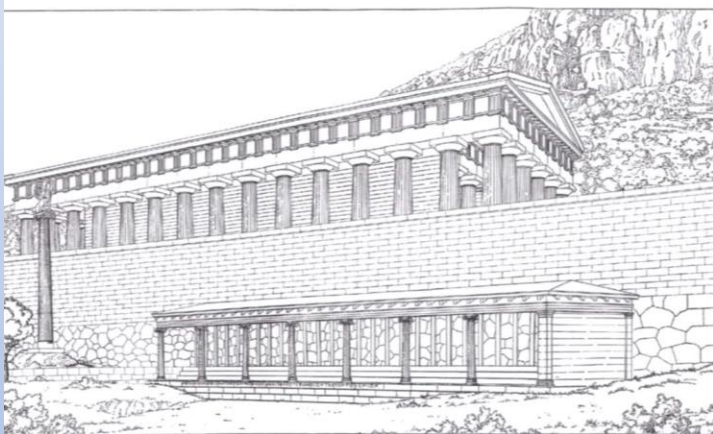


<https://3d4delphi.gr/en/3d-models/>





Αρχαιολογική αβεβαιότητα Η Σφίγγα των Ναξίων



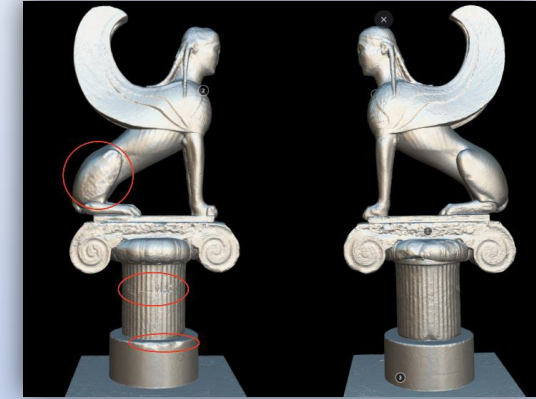
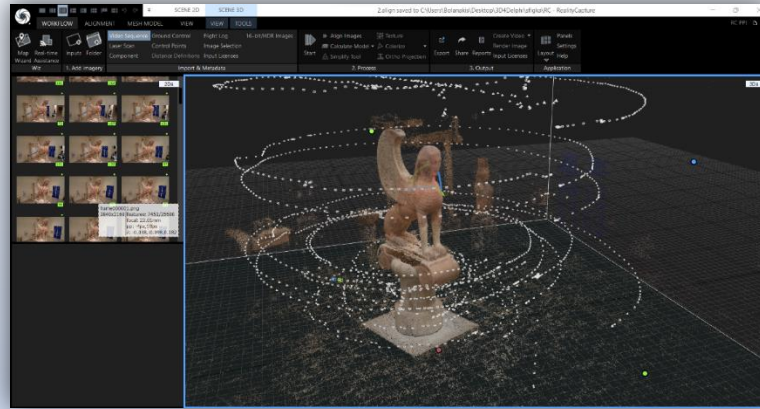
Παρά την καλή διατήρηση του αγάλματος και τη γνώση της ακριβούς θέσης του, ο προσανατολισμός του αποτελεί σημείο αβεβαιότητας έως σήμερα. Οι δύο πιθανές εκδοχές είναι :

α) η Σφίγγα είχε προσανατολισμό προς τα ΒΑ, δηλαδή προς τον ναό του Απόλλωνα, ή

β) προς ΝΑ, δηλαδή προς την Ιερά Οδό.

3D Scanning, 3D modelling and 3D Printing

ΙΝΩΘΙΣΑΥΤΟΝ
ΗΤΓΩΥΠΟΔΙΚΑΙ
ΟΥΜΗΔΕΝΑΓΑΝ
ΕΝΔΕΛΦΟΙΣ
ΕΣΟΦΟΙΣΧΡΩ
ΑΡΧΕΣΑΥΤΟΥ
ΦΡΟΝΗΣΙΝΑΣΚ
ΕΙΤΑΣΙΔΙΑΛΛΕΙΟΥ



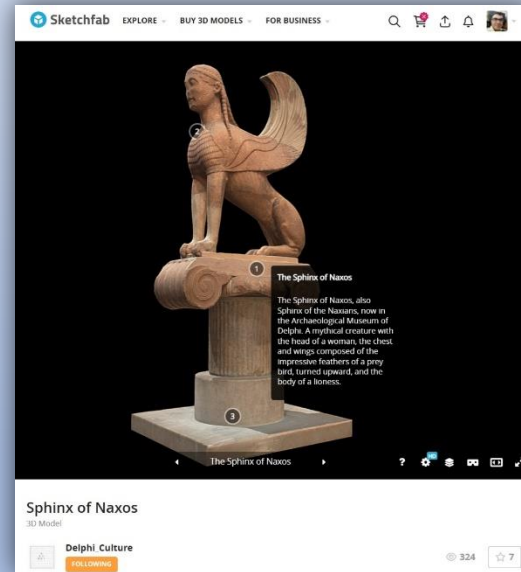
3D Modelling Process

❖ 3D scanning with UaV photogrammetry

❖ A Mavic Air 2s drone was selected. Το drone είναι εξοπλισμένο με 1-inch camera sensor και έχει δυνατότητα καταγραφής ακρίβειας 4K video.

• The Reality Capture software was then utilized in order to produce the final 3D model of the Sphinx of Naxians, consisting of 1.2M triangles and 587K vertices

• The scketcfab platform was used for publishing on-line the 3D model (<https://skfb.ly/oxrzB>)





Μελέτη ανάλυσης – Νέα Επιστημονικά δεδομένα



Το πρόσωπο της Σφίγγας παρουσιάζει διαφορετικά μοντέλα φθοράς στη δεξιά πλευρά της παρειάς στο μέτωπο και στο κεφάλι ενώ η υπόλοιπη επιφάνεια είναι καλύτερα διατηρημένη χωρίς επιφανειακές διαβρώσεις.

Αντίστοιχα, τα φτερά και το οπίσθιο τμήμα του αγάλματος φέρουν πιο έντονα ίχνη διάβρωσης στη δεξιά πλευρά σε σχέση με την αριστερή.

Η φθορά μπορεί να εξηγηθεί από την διάβρωση που προκαλούν τα καιρικά στοιχεία και τη βροχή, ειδικά από τον νοτιοανατολικό άνεμο και τις θερινές καταιγίδες με κατεύθυνση ανέμου από βορρά.

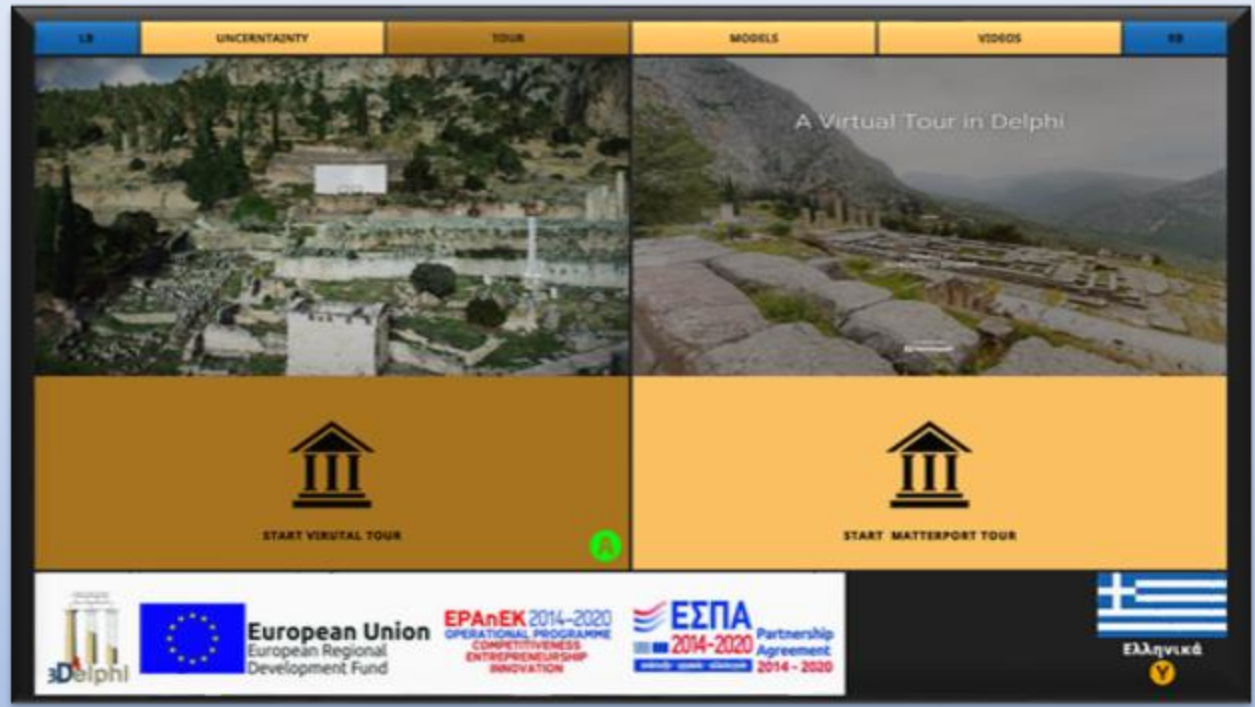
Ψηφιακή Επισκόπηση / Virtual Tour



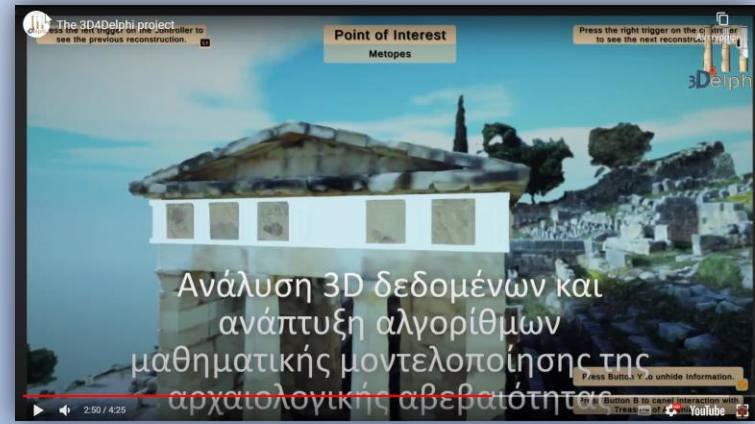
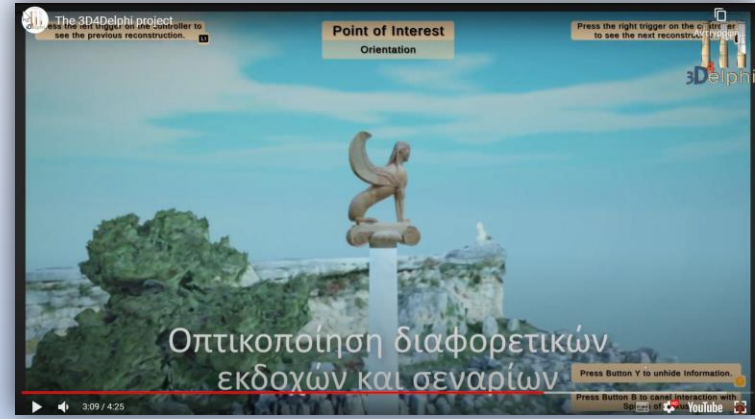
Επιλογές

A. Virtual Tour: Με γραφιστικές αποκαταστάσεις (A/R) μνημείων.

B. Virtual Tour: Μέσω ψηφιακής πλατφόρμας streaming με τον αρχαιολογικό χώρο στην υφιστάμενη κατάσταση και πληροφορίες για τα μνημεία σε ελληνικά και αγγλικά.



Ψηφιακή Επισκόπηση / Virtual Tour





Αρχαιολογική Αβεβαιότητα



LB UNCERTAINTY - VIEW QUESTIONNAIRE RB BACK TO MENU

ANCIENT THEATER - FRIEZE OR METOPES

LT RECONSTRUCTION - METOPES RECONSTRUCTION - FRIEZE RT

PROBABILITY DENSITY FUNCTION

METOPES FRIEZE

INFORMATION

lower from that of the orchestra, which consists of a central hall measuring approximately 4m x 9.5m inside and two almost square closed spaces on either side. The height difference between the two sections is approximately 4.45m.

Uncertainty point of interest: The connection of the relief slabs of the Theater: Metopes or Frieze?

The point of uncertainty in the Theater is the way in which the relief slabs and more specifically whether they are metopes or form a



LB UNCERTAINTY - VIEW QUESTIONNAIRE RB BACK TO MENU

ANCIENT THEATER - FRIEZE OR METOPES

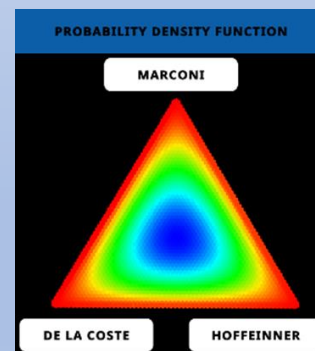
EVIDENCE EVALUATION CHOOSE EVIDENCE EVIDENCE RANKING

To decide whether there is a Frieze or six metopes, before studying the particular case, I will look for evidence that falls into the following categories of data. I consider that, as long as the following evidence exists, it may support the basis of the reasoning as follows:

Materials for constructions:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always	Ancient inscriptions:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always
Architectural elements:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always	Ancient literary sources:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always
Architectural measurements:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always	Travelers descriptions (text):	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always
Excavation data (stratigraphy, etc.):	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always	Scientific bibliography:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always
Archaeological finds and contexts:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always	Archive material:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always
Comparative study:	None	Almost Never	Seldom	Sometimes	Often	Very Often	Always								

SUBMIT

- Κατάρτιση λίστας 11 παραγόντων.
- Δημιουργία ερωτηματολογίου για την ποσοτικοποίηση σημασίας των παραγόντων.
- Απαντήσεις σε 7 βαθμούς κλίμακας από το ποτέ έως το πάντα.
- Η εμπιστοσύνη των αρχαιολόγων σε ένα συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος (εκδοχή).
- Η κλίμακα στους δείκτες ορίζεται με αξία από 0 έως 1



LB UNCERTAINTY - VIEW QUESTIONNAIRE RB BACK TO MENU

ANCIENT THEATER - FRIEZE OR METOPES

EVIDENCE EVALUATION CHOOSE EVIDENCE EVIDENCE RANKING

After studying and evaluating all the data as well as the reasoning that led to each proposed solution, I judge that the two proposed solutions are possible, as follows. After completing the study I was found that for this point of uncertainty we have evidence from the following categories of data:

Metopes:	●	Comparative study:	●
Frieze:	●	Ancient Inscriptions:	●
Materials for constructions:	●	Ancient literary sources:	●
Architectural elements:	●	Travelers descriptions (text):	●
Architectural measurements:	●	Scientific bibliography:	●
Excavation data (stratigraphy, etc.):	●	Archive material:	●
Archaeological finds and contexts:	●		

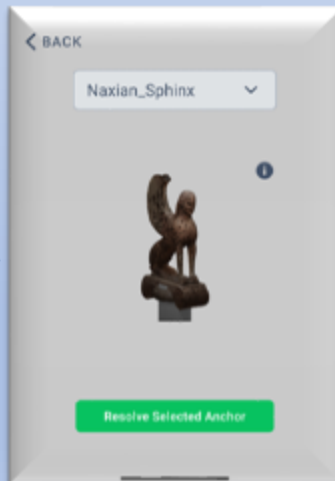
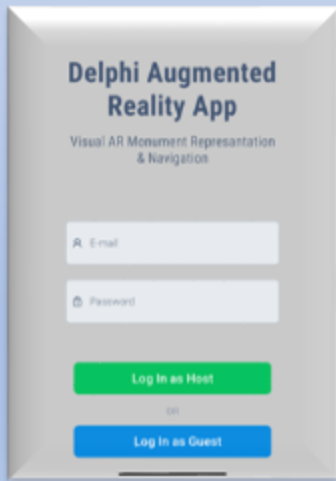
SUBMIT



3D4Delphi Εφαρμογή AR



- ❖ Το Delphi AR application δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να περιηγηθεί ψηφιακά και να μάθει για τα μνημεία των Δελφών virtually με διαδραστικό τρόπο, αναβαθμίζοντας την εμπειρία του στο χώρο.
- ❖ Η AR οπτικοποίηση εισαγάγει τον επισκέπτη στην έννοια της αρχαιολογικής αβεβαιότητας.
- ❖ Το MAR Delphi application μπορεί να χρησιμοποιηθεί από επισκέπτες ή μαθητές ως εκπαιδευτικό εργαλείο κατά τη διάρκεια της επίσκεψής τους στον Αρχαιολογικό χώρο των Δελφών.





3D4Delphi Επιστημονικές Δημοσιεύσεις



Διεθνή περιοδικά

- Maravelakis E.; Giannioti G.; Psalti A.; Tsakoumaki M.; Pocobelli D. P.; Xinogalos M.; Galanakis D.; Bilalis N. and Stavroulakis G. (2023): "3D Modeling & Analysis Techniques for the Apollo Temple in Delphi". In *Buildings*13, no. 7: 1730. DOI: [3390/buildings13071730](https://doi.org/10.3390/buildings13071730).
- Galanakis D.; Maravelakis E.; Pocobelli D. P.; Vidakis N.; Petousis M.; Konstantaras A. and Tsakoumaki M. (2023): "SVD-based point cloud 3D stone by stone segmentation for cultural heritage structural analysis – The case of the Apollo Temple at Delphi". In *Journal of Cultural Heritage*61, pp. 177–187. DOI: [1016/j.culher.2023.04.005](https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.04.005).

Κεφάλαια σε βιβλία

- Galanakis D.; Pocobelli D. P.; Konstantaras A.; Mania K.; Maravelakis E. (2023): "Introduction to BIM for Heritage". In Dimitrios Tzetzis, Panagiotis Kyratsis (Eds.): *Computer-Aided Design: Advances in Research and Applications*: Nova Science Publishers. DOI: [52305/IMIY7382](https://doi.org/10.52305/IMIY7382).

Διεθνή συνέδρια

- Athanasia Psalti, Marilena Tsakoumaki, Christina Mamaloukaki, Michael Xinogalos, Nikolaos Bolanakis, Christos Kavallaris, Andreas Polychronakis, Katerina Mania and Emmanuel Maravelakis, "Advanced Digitization Methods for the 3D Visualization and Interpretation of Cultural Heritage: The Sphinx of the Naxians at Delphi", 3rd International Conference TMM-CH Transdisciplinary Multispectral Modelling and Cooperation for the Preservation of Cultural Heritage, Athens, 2023.
- Emmanuel Maravelakis, Georgia Giannioti, Athanasia, Psalti, Marilena Tsakoumaki, Danae Phaedra Pocobelli, Michael Xinogalos, Demetris Galanakis, Nikolaos Bilalis, and Georgios Stavroulakis, 3d Modelling & Analysis Techniques for the Apollo Temple in Delphi", 3rd International Conference TMM-CH Transdisciplinary Multispectral Modelling and Cooperation for the Preservation of Cultural Heritage, Athens, 2023.
- Galanakis, D.; Pocobelli D. P.; Konstantaras A.; Bolanakis N. and Maravelakis E. (2022): "[Mesh segmentation for HBIM applications](#)". Proceedings of *3rd International Conference in Electronic Engineering, Information Technology & Education*. ISSN: 2654-2099, ISBN: 978-618-84774-6-9.
- Polychronakis A.; Koulieris G. A. and Mania K. (2021): "Emulating Foveated Path Tracing". Proceedings of the *14th ACM SIGGRAPH Conference on Motion, Interaction and Games*. Virtual Event, Switzerland: Association for Computing Machinery, Article 10. DOI: [1145/3487983.3488295](https://doi.org/10.1145/3487983.3488295).
- Mania K.; Psalti A.; Lala D. M.; Tsakoumaki M.; Polychronakis A.; Rempoulaki A.; Xinogalos M. and Maravelakis E. (2021): "Combining 3D Surveying with Archaeological Uncertainty: The Metopes of the Athenian Treasury at Delphi". Proceedings of the *12th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, pp. 1–4. DOI: [1109/IISA52424.2021.9555568](https://doi.org/10.1109/IISA52424.2021.9555568).
- Mania K.; McNamara A.; Polychronakis A. (2021): "Gaze-Aware Displays and Interaction". In: *ACM SIGGRAPH 2021 Courses*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (SIGGRAPH '21). DOI: [1145/3450508.3464606](https://doi.org/10.1145/3450508.3464606).

Εθνικά συνέδρια

- Marilena Chrysoula Tsakoumaki, Dimitra Maria Lala, "Advanced digitization methods for the protection and dissemination of the cultural assets of Delphi: Digital transformation, concerns and perspectives", 7th Archaeological Meeting of Thessaly and Central Greece, June 2022.

Ευχαριστούμε!

