



Σχολή Κοινωνικών Επιστημών
Διοίκηση Πολιτισμικών Μονάδων

Διπλωματική Εργασία

«Ανίχνευση, Πρόληψη και Αντιμετώπιση Ανθρωπογενών Καταστροφών στα
Πολιτιστικά Μνημεία με τη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης και των
Έξυπνων Τεχνολογιών»

“Detection, Prevention and Management of Man-made Disasters in Cultural
Monuments with the Contribution of Artificial Intelligence and Smart
Technologies”

Φωτεινή Γαλάνη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ.Κουρή Μαρία

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



*Φωτεινή Γαλάνη, «Ανίχνευση, Πρόληψη και Αντιμετώπιση
Ανθρωπογενών Καταστροφών στα Πολιτιστικά Μνημεία με τη συμβολή
της τεχνητής νοημοσύνης και των Έξυπνων Τεχνολογιών»*



«Ανίχνευση, Πρόληψη και Αντιμετώπιση Ανθρωπογενών Καταστροφών στα
Πολιτιστικά Μνημεία με τη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης και των
Έξυπνων Τεχνολογιών»

Φωτεινή Γαλάνη

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δρ.Μαρία Κουρή

Μέλος ΣΕΠ-ΕΑΠ, ΔΠΜ50, ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δρ.Μαρία Κοντοχρήστου

Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΑΠ

Πάτρα, Ιούνιος 2026



*Φωτεινή Γαλάνη, «Ανίχνευση, Πρόληψη και Αντιμετώπιση
Ανθρωπογενών Καταστροφών στα Πολιτιστικά Μνημεία με τη συμβολή
της τεχνητής νοημοσύνης και των Έξυπνων Τεχνολογιών»*

«Σ' αυτούς που μου κράτησαν το φως στα σκοτάδια μου»

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την ανίχνευση, πρόληψη και αντιμετώπιση ανθρωπογενών καταστροφών στα πολιτιστικά μνημεία, με έμφαση στη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης και των έξυπνων τεχνολογιών στη διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Βασική παραδοχή αποτελεί ότι τα μνημεία δεν είναι απλώς υλικά κατάλοιπα. Είναι φορείς ιστορικής μνήμης και συλλογικής ταυτότητας για τις κοινωνίες, και η απώλειά τους επηρεάζει ουσιαστικά την κοινωνική συνοχή.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι έννοιες του πολιτισμού, της πολιτιστικής κληρονομιάς και των μνημείων, ενώ παρουσιάζεται το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο προστασίας σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, καθώς και η πολιτισμική, κοινωνική και οικονομική τους σημασία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξετάζονται οι βασικές απειλές στα πολιτιστικά μνημεία. Οι ανθρωπογενείς καταστροφές, ειδικότερα κατηγοριοποιούνται σε συγκρούσεις, εγκληματικές δραστηριότητες, αμέλεια και κακή διαχείριση, περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές πιέσεις, καθώς και τεχνολογικά ατυχήματα.

Στο τρίτο κεφάλαιο διερευνώνται σύγχρονες τεχνολογικές λύσεις για την ανίχνευση, πρόληψη και αντιμετώπιση/αποκατάσταση απειλών στην πολιτιστική κληρονομιά. Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, μηχανικής μάθησης, υπολογιστικής όρασης, IoT, μη επανδρωμένων συστημάτων, προγνωστικών μοντέλων, προσομοιώσεων, αεροφωτογραμμετρίας, τρισδιάστατης ανακατασκευής και ρομποτικής, αναδεικνύουν τη συμβολή τους στη διάγνωση κινδύνων, την παρακολούθηση και την αποκατάσταση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάται η περίπτωση της Notre-Dame de Paris, της οποίας η ευαλωτότητα αναδείχθηκε με την πυρκαγιά του 2019. Παρατίθεται η ιστορική εξέλιξη του μνημείου, τα πιθανά αίτια της πυρκαγιάς και οι διαδικασίες αποκατάστασης, καθώς και ο ρόλος τεχνολογιών όπως η τρισδιάστατη αποτύπωση, τα ψηφιακά δίδυμα και τα συστήματα παρακολούθησης, μαζί με τις σχετικές προκλήσεις. Διατυπώνονται επίσης προτάσεις για τη μελλοντική διαχείριση κινδύνων.

Συμπερασματικά, η αποτελεσματική προστασία των μνημείων απαιτεί ένα ολιστικό, προληπτικό και τεχνολογικά υποστηριζόμενο μοντέλο, στο οποίο η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει, χωρίς να υποκαθιστά, την ανθρώπινη επιστημονική κρίση.

Λέξεις-Κλειδιά

- Πολιτιστική κληρονομιά
- Πολιτιστικά μνημεία
- Ανθρωπογενείς καταστροφές
- Τεχνητή νοημοσύνη
- Έξυπνες τεχνολογίες
- Notre-Dame de Paris (Παναγία των Παρισίων)

“Detection, Prevention and Management of Man-made Disasters in Cultural Monuments with the Contribution of Artificial Intelligence and Smart Technologies”

Foteini Galani

Abstract

This thesis examines the detection, prevention, and response to anthropogenic disasters affecting cultural heritage monuments, with a particular emphasis on the contribution of artificial intelligence and smart technologies to their preservation. It is grounded in the fundamental premise that monuments are not merely material remnants, but carriers of historical memory and collective identity; their loss therefore has profound implications for social cohesion.

The first chapter analyzes the concepts of culture, cultural heritage, and monuments, and presents the institutional and legal frameworks for their protection at national, European, and international levels, alongside their cultural, social, and economic significance.

The second chapter explores the principal threats to cultural heritage. More specifically, it categorizes anthropogenic disasters into armed conflicts, criminal activities, negligence and mismanagement, environmental and developmental pressures, as well as technological accidents.

The third chapter investigates contemporary technological solutions for detection, prevention, response and restoration. Applications of artificial intelligence, machine learning, computer vision, the Internet of Things (IoT), unmanned systems, predictive modelling, simulations, aerial photogrammetry, 3D reconstruction, and robotics are examined, highlighting their contribution to risk assessment, monitoring, and recovery processes.

The fourth chapter presents a case study of Notre-Dame de Paris, whose vulnerability was underscored by the 2019 fire. It outlines the historical evolution of the site, the possible causes of the fire, and the restoration process, while also examining the role of technologies such as 3D documentation, digital twins, and monitoring systems, along with the associated challenges. Recommendations for future risk management are also proposed.

In conclusion, the effective protection of cultural heritage monuments requires a holistic, preventive, and technologically supported approach, in which artificial intelligence enhances—rather than replaces—human scientific judgment.

Keywords

- Cultural heritage
- Cultural monuments
- Man-made disasters
- Artificial intelligence
- Smart technologies
- Notre-Dame de Paris

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Λέξεις-Κλειδιά	6
Abstract	7
Keywords.....	8
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	11
Εισαγωγή - Η αξία της πολιτισμικής συνέχειας και της συλλογικής μνήμης	12
Σκοπός και Στόχοι της έρευνας	13
Κεφάλαιο 1. Πολιτισμός, πολιτιστική κληρονομιά και πολιτιστικά μνημεία	15
1.1 Πολιτισμός, σημασία, ορισμοί και προσεγγίσεις	16
1.2 Πολιτιστικά μνημεία, ορισμός και εννοιολογική οριοθέτηση.....	19
1.3 Ορισμός και εξέλιξη του διεθνούς πλαισίου προστασίας των πολιτιστικών μνημείων	21
1.4 Τα πολιτιστικά μνημεία στην ελληνική και στην ευρωπαϊκή νομοθεσία.....	24
1.5 Η πολιτισμική, κοινωνική και οικονομική συμβολή των μνημείων.....	27
Κεφάλαιο 2. Απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία.....	30
2.1 Παράγοντες που απειλούν τα πολιτιστικά μνημεία.....	31
2.2 Η ανάγκη πρόληψης, παρακολούθησης και σύγχρονης προστασίας	32
2.3 Φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές	33
2.3.1 Είδη ανθρωπογενών καταστροφών	34
2.4 Κατηγοριοποίηση ανθρωπογενών καταστροφών	36
2.4.α. Ένοπλες, πολιτικές και ιδεολογικές συγκρούσεις ως ανθρωπογενείς καταστροφές στα πολιτιστικά μνημεία	37
2.4.β Εγκληματικές και παράνομες δραστηριότητες εις βάρος της πολιτιστικής κληρονομιάς.....	40
2.4.γ. Αμέλεια, κακή διαχείριση και θεσμικές αστοχίες ως ανθρωπογενείς απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία	43
2.4.δ. Περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές πιέσεις ανθρωπογενούς προέλευσης ως απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία	45
2.4.ε Ατυχήματα και τεχνολογικές αστοχίες ως ανθρωπογενείς απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία	47
2.5 Η ανάγκη για ψηφιακή προστασία και βιώσιμη διαχείριση των πολιτιστικών μνημείων.....	48
Κεφάλαιο 3. Θεωρητικό πλαίσιο και τεχνολογικές προσεγγίσεις.....	51
3.1 Οι τρεις άξονες προστασίας των πολιτιστικών μνημείων	52
3.2 Τεχνολογίες ανίχνευσης	53
3.2.1 Τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση, τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και βαθιά μάθηση	53

3.2.2 Υπολογιστική όραση	55
3.2.3 Το διαδίκτυο των πραγμάτων και έξυπνοι αισθητήρες	57
3.2.4 Μη επανδρωμένα συστήματα.....	58
3.3 Τεχνολογίες πρόληψης	60
3.3.1 Προσομοίωση πλήθους	61
3.3.2 Προγνωστικά μοντέλα.....	62
3.4 Τεχνολογίες αντιμετώπισης και αποκατάστασης	64
3.4.1 Αεροφωτογραμμετρικά μοντέλα επιφάνειας.....	65
3.4.2 Τρισδιάστατη ανακατασκευή	67
3.4.3 Ρομποτικοί αυτοματισμοί.....	69
3.4.4 Παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης.....	71
3.4.5 Περιορισμοί και προκλήσεις των τεχνολογικών προσεγγίσεων.....	73
Κεφάλαιο 4. Περίπτωση μελέτης: Notre-Dame de Paris (Η Παναγία των Παρισίων)	75
4.1 Η ιστορική εξέλιξη της Notre-Dame de Paris (Παναγίας των Παρισίων).....	76
4.2 Η πυρκαγιά του 2019 και πιθανά αίτια.....	77
4.3 Η αποκατάσταση και αναστήλωση της Notre-Dame de Paris και ο ρόλος των νέων τεχνολογιών.....	78
4.4 Δυσκολίες, Προκλήσεις και Όρια των Τεχνολογικών Λύσεων.....	82
4.5 Μελλοντική πρόληψη και διαχείριση ανθρωπογενών κινδύνων στη Notre-Dame de Paris	85
Συμπεράσματα.....	89
Βιβλιογραφία.....	91

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

AI	Artificial Intelligence	TN	Τεχνητή Νοημοσύνη
ANNs	Artificial Neural Networks	TNΔ	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα
DL	Deep Learning	BM	Βαθιά Μάθηση
DSM	Digital Surface Model		Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας
DTM	Digital Terrain Model		Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους
ML	Machine Learning	MM	Μηχανική Μάθηση
UAS	Unmanned Aerial System		ΣμηΕΑ Σύστημα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	MEO	Μη Επανδρωμένο Εναέριο Όχημα
IoT	Internet of Things		Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων
RPA	Robotic Process Automation		Ρομποτικός Αυτοματισμός Διαδικασιών

Εισαγωγή - Η αξία της πολιτισμικής συνέχειας και της συλλογικής μνήμης

Ο ανθρώπινος πολιτισμός συνιστά μια δυναμική και εξελικτική διαδικασία, η οποία χαρακτηρίζεται από τη διαρκή συσσώρευση, τον μετασχηματισμό και τη μετάδοση στοιχείων από γενιά σε γενιά. Στο πλαίσιο αυτό, τα πολιτισμικά δημιουργήματα εντάσσονται σε ένα ενιαίο αλλά πολυδιάστατο σύστημα αναφοράς, που αντανακλά την ιστορική συνέχεια και την ποικιλομορφία της ανθρώπινης δημιουργικότητας.

Η πορεία αυτή εκτείνεται από τις προϊστορικές βραχογραφίες έως τα μνημειώδη έργα τέχνης, αρχιτεκτονικής και λόγου. Από τις πρώτες αποτυπώσεις κατανόησης του κόσμου έως τα σύνθετα ταφικά σύνολα, τα θρησκευτικά μνημεία και τις τεχνολογικές καινοτομίες. Ο πολιτισμός αποκαλύπτεται ως συνεχής δημιουργική απόκριση στις ανάγκες και τις αξίες κάθε εποχής. Η καθιέρωση της γραφής προσέδωσε ιστορικό βάθος, ενώ η ανάπτυξη των τεχνών και της σκέψης διαμόρφωσε σύνθετους πολιτισμικούς σχηματισμούς που υπερβαίνουν σύνορα και συγκροτούν ένα παγκόσμιο πλέγμα δημιουργίας.

Στη νεότερη εποχή, η τεχνολογική πρόοδος και η ανάπτυξη νέων μέσων έκφρασης εμπλουτίζουν περαιτέρω τον πολιτισμό. Η βιομηχανική επανάσταση, τα μέσα επικοινωνίας, η σύγχρονη τέχνη και, πιο πρόσφατα, η ψηφιακή τεχνολογία και η τεχνητή νοημοσύνη, δεν συνιστούν ρήξη με το παρελθόν, αλλά συνέχεια και μετασχηματισμό της ανθρώπινης δημιουργικότητας. Ο σύγχρονος πολιτισμός, ψηφιακός και υβριδικός, εξακολουθεί να φέρει τα ίχνη όλων των προηγούμενων σταδίων της ανθρώπινης πορείας.

Ακριβώς επειδή κάθε πολιτισμικό ίχνος συνιστά αναπόσπαστο τμήμα αυτής της αδιάκοπης διαδικασίας, η απώλειά του, είτε μέσω φυσικών είτε μέσω ανθρωπογενών καταστροφών, δεν συνεπάγεται μόνο υλική φθορά, αλλά και ρήξη στην πολιτισμική μνήμη και τη διαχρονική συνέχεια των κοινωνιών. Ισοδυναμεί με τη διαγραφή μιας σελίδας από το κοινό αφήγημα της ανθρωπότητας. Η συνείδηση αυτή καθιστά επιτακτική την προστασία της πολιτισμικής κληρονομιάς, ως φορέα γνώσης, ταυτότητας και συνοχής, ιδιαίτερα σε ένα περιβάλλον αυξανόμενων ανθρωπογενών απειλών.

Σε αυτό το περιβάλλον, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη διερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν η τεχνητή νοημοσύνη και οι έξυπνες τεχνολογίες στην

ανίχνευση, την πρόληψη και την αντιμετώπιση ανθρωπογενών καταστροφών στα υλικά πολιτιστικά μνημεία. Αντιμετωπίζοντας τον πολιτισμό ως ζωντανό και εξελισσόμενο σύστημα, επιχειρείται να αναδειχθεί πώς τα σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στη διαφύλαξη της πολιτισμικής κληρονομιάς και στη διασφάλιση της συνέχειας της ανθρώπινης δημιουργίας στις επόμενες γενιές.

Σκοπός και Στόχοι της έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την ανίχνευση, την πρόληψη και την αντιμετώπιση ανθρωπογενών καταστροφών που πλήττουν τα πολιτιστικά μνημεία, με ιδιαίτερη έμφαση στη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης και των έξυπνων τεχνολογιών στη διαφύλαξη της πολιτισμικής κληρονομιάς. Τα πολιτιστικά μνημεία δεν είναι απομεινάρια του παρελθόντος, αλλά ζωντανές πηγές μνήμης, ταυτότητας και πολιτισμικής συνέχειας, των οποίων η απώλεια πλήττει την κοινωνική και πολιτισμική σταθερότητα.

Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει, σε θεωρητικό επίπεδο, πώς η σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να συμβάλει στην ανίχνευση, την πρόληψη και την αντιμετώπιση ανθρωπογενών καταστροφών στα πολιτιστικά μνημεία. Ως μελέτη περίπτωσης επιλέχθηκε η Notre-Dame de Paris, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα πολιτιστικού μνημείου που επλήγη από τέτοιας μορφής καταστροφή.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η εργασία θέτει τα ακόλουθα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποιες είναι οι κύριες κατηγορίες ανθρωπογενών απειλών και καταστροφών που αντιμετωπίζουν τα πολιτιστικά μνημεία σήμερα και με ποιον τρόπο επηρεάζουν τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς;
2. Ποιες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και έξυπνων συστημάτων είναι διαθέσιμες για την ανίχνευση, την πρόληψη και την αντιμετώπιση αυτών των απειλών;
3. Με ποιον τρόπο εφαρμόζονται στην πράξη οι παραπάνω τεχνολογίες στην προστασία των πολιτιστικών μνημείων και ποιες δυνατότητες, περιορισμοί και προκλήσεις αναδεικνύονται από την εφαρμογή τους;

4. Ποια διδάγματα και προτάσεις διαχείρισης προκύπτουν από την περίπτωση της Notre-Dame de Paris για τη βελτίωση των συστημάτων προστασίας των πολιτιστικών μνημείων έναντι ανθρωπογενών καταστροφών;

Για την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων, η εργασία υιοθετεί θεωρητική προσέγγιση. Στο πρώτο μέρος αναλύονται οι εννοιολογικές, θεσμικές και νομοθετικές διαστάσεις της πολιτιστικής κληρονομιάς και των πολιτιστικών μνημείων. Στο δεύτερο μέρος εξετάζονται οι ανθρωπογενείς απειλές, ενώ στο τρίτο παρουσιάζονται σύγχρονες τεχνολογικές προσεγγίσεις. Στο τέταρτο μέρος, η θεωρητική ανάλυση συμπληρώνεται με τη μελέτη περίπτωσης της Notre-Dame de Paris, η οποία επιλέγεται ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ανθρωπογενούς καταστροφής σε μνημείο παγκόσμιας σημασίας, μέσω του οποίου αξιολογούνται στην πράξη οι δυνατότητες και τα όρια των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και των έξυπνων τεχνολογικών λύσεων.

Κεφάλαιο 1. Πολιτισμός, πολιτιστική κληρονομιά και πολιτιστικά μνημεία

1.1 Πολιτισμός, σημασία, ορισμοί και προσεγγίσεις

Ο πολιτισμός συνιστά ένα από τα κεντρικά διακυβεύματα της σύγχρονης εποχής, καθώς μέσα από αυτόν αποτυπώνονται οι αξίες, οι αντιλήψεις και το ιστορικό αποτύπωμα των ανθρώπινων κοινωνιών (Βέργου, 2025:14-15). Σε περιόδους πολέμων, συγκρούσεων, ή κοινωνικοοικονομικών κρίσεων, δεν πλήττεται μόνο η ανθρώπινη ζωή και η υλική βάση της κοινωνικής οργάνωσης, αλλά και ο ίδιος ο πολιτιστικός κόσμος που οι κοινωνίες δημιουργούν, διατηρούν και μεταδίδουν (Βέργου, 2025:14-15). Η καταστροφή έργων τέχνης, μνημείων, αρχείων και άλλων πολιτιστικών αγαθών δεν αποτελεί απλώς απώλεια υλικών αντικειμένων, αλλά ρήξη με τη μνήμη, την ταυτότητα και την ιστορική συνέχεια των κοινοτήτων που συνδέονται με αυτά (Μουσταῖρα, 2012:2-3).

Οι πολιτισμοί του παρελθόντος γίνονται αντιληπτοί τόσο μέσα από τα ιστορικά γεγονότα όσο και μέσα από τα έργα τέχνης, τα μνημεία, τα κείμενα και τις μορφές έκφρασης που άφησαν πίσω τους (Βέργου, 2025:14-15). Τα πολιτιστικά αγαθά λειτουργούν ως μαρτυρίες της ιδιαιτερότητας κάθε λαού, καθώς συμπυκνώνουν τρόπους ζωής, αξίες, νοήματα και μορφές δημιουργίας που συνδέονται με συγκεκριμένες κοινωνίες και ιστορικές περιόδους, αποτελώντας προϊόντα συλλογικού και όχι ατομικού βίου (Μουσταῖρα, 2012:2-3). Ο πολιτισμός, επομένως, δεν είναι μόνο πνευματική δημιουργία, αλλά βασικός μηχανισμός μέσω του οποίου οι κοινωνίες αναγνωρίζουν τον εαυτό τους, οργανώνουν τις ενθυμήσεις τους και προσδιορίζουν τη θέση τους μέσα στον χρόνο (Smith, 2006:30-32).

Ο πολιτισμός συνιστά θεμελιώδες στοιχείο της συνείδησης και της διαχρονικής παρακαταθήκης των κοινωνιών (Πασχαλίδης, 2002:33-34). Σε αυτή τη βάση, η πολιτιστική κληρονομιά αντανakλά την εξελικτική πορεία των ανθρώπινων κοινοτήτων και λειτουργεί ως φορέας μετάδοσης αξιών, γνώσεων και εμπειριών από το παρελθόν στο παρόν (Smith, 2006:4-8· Graham et al., 2000:11–17). Η διατήρησή της δεν αφορά μόνο τη διάσωση του παρελθόντος, αλλά συνδέεται άμεσα με τη διαμόρφωση της σύγχρονης πολιτισμικής φυσιογνωμίας και τη διασφάλιση της αδιάλειπτης διαχρονικής παρουσίας (Smith, 2006:4-8).

Η έννοια του πολιτισμού συγκαταλέγεται στα πιο σύνθετα ζητήματα των ανθρωπιστικών και κοινωνικών επιστημών (Πασχαλίδης, 2002:33-34). Η εννοιολογική διερεύνηση αποκαλύπτει ένα ευρύ φάσμα ερμηνειών και θεωρητικών προσεγγίσεων, οι οποίες μεταβάλλονται ιστορικά και επιστημονικά, αντανakλώντας διαφορετικές αντιλήψεις για τον άνθρωπο, την κοινωνική οργάνωση και τη σχέση παρελθόντος-παρόντος (Πασχαλίδης, 2002:33-34).

Η συστηματική επιστημονική προσέγγιση του πολιτισμού αναπτύχθηκε κυρίως μέσω της ανθρωπολογίας (Πασχαλίδης, 2002:34). Ο Edward Burnett Tylor, στο *Primitive Culture* (1871), διατυπώνει ότι ο πολιτισμός αποτελεί «ένα σύνθετο σύνολο που περιλαμβάνει τη γνώση, τις πεποιθήσεις, την τέχνη, τον νόμο, την ηθική, τα έθιμα και κάθε άλλη ικανότητα και συνήθεια που αποκτά ο άνθρωπος ως μέλος της κοινωνίας» (Tylor, 1871:1). Ο ορισμός αυτός μετέθεσε την έμφαση από μια στενή κατανόηση του πολιτισμού ως ανώτερης πνευματικής καλλιέργειας σε μια ευρύτερη αντίληψη που περιλαμβάνει το σύνολο του κοινωνικού βίου (Tylor, 1871:34).

Η αναζήτηση συνεχίζεται στις σύγχρονες πολιτισμικές σπουδές, όπου ο πολιτισμός δεν νοείται μόνο ως σύνολο έργων, επιτευγμάτων ή θεσμών, αλλά και ως διαδικασία παραγωγής νοήματος (Hall, 1997:222). Όπως επισημαίνει ο Stuart Hall, ο πολιτισμός συνδέεται με τα συστήματα ταξινόμησης και αναπαράστασης μέσω των οποίων οι κοινωνίες αποδίδουν νόημα στην πραγματικότητα (Hall, 1997:222). Η γλώσσα, τα σύμβολα και οι μορφές λόγου αποκτούν καθοριστική σημασία, καθώς μέσα από αυτά οργανώνεται η κοινωνική εμπειρία και καθίσταται δυνατή η κοινή κατανόηση του κόσμου (Hall, 1997:222-223). Ο πολιτισμός, επομένως, δεν αφορά μόνο ό,τι παράγουν οι κοινωνίες, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύουν, νοηματοδοτούν και επικοινωνούν την εμπειρία τους (Hall, 1997:208).

Στο ίδιο πνεύμα, ο Raymond Williams προσεγγίζει τον πολιτισμό ως «έναν συνολικό τρόπο ζωής», ενσωματώνοντας όχι μόνο τις καλλιτεχνικές δημιουργίες και τις μορφές υψηλής τέχνης, αλλά και τις καθημερινές πρακτικές, τις κοινωνικές σχέσεις και τις μορφές συμβολικής έκφρασης που διαμορφώνουν την εμπειρία των ανθρώπων (Williams, 1989:4). Η προσέγγιση αυτή απομακρύνεται από την ταύτιση του πολιτισμού αποκλειστικά με την τέχνη ή την υψηλή πνευματική δημιουργία και τον αντιμετωπίζει ως ζωντανό και δυναμικό σύστημα νοημάτων και πρακτικών (Πασχαλίδης, 2002:46).

Σημαντική είναι και η συμβολή της UNESCO, όπου ο πολιτισμός ορίζεται ως το σύνολο των διακριτών πνευματικών, υλικών, διανοητικών και συναισθηματικών γνωρισμάτων που χαρακτηρίζουν μια κοινωνία ή μια κοινωνική ομάδα (UNESCO, 1982). Στην πράξη, ο πολιτισμός δεν περιορίζεται στις τέχνες και στα γράμματα, αλλά περιλαμβάνει τρόπους ζωής, τα θεμελιώδη δικαιώματα του ανθρώπου, τα συστήματα

αξιών, τις παραδόσεις και τις πεποιθήσεις (UNESCO, 1982· UNESCO, 2000). Η προσέγγιση αυτή αναδεικνύει τον πολιτισμό ως θεμελιώδη παράγοντα αυτογνωσίας, κοινωνικής συγκρότησης και πολιτισμικής έκφρασης (UNESCO, 1982· UNESCO, 2000).

Έτσι, ο πολιτισμός συνδέεται άμεσα με την ταυτότητα και τον αυτοπροσδιορισμό του ατόμου και της κοινότητας (Hall, 1997:220-222). Οι κοινές πολιτισμικές αναφορές, οι παραδόσεις, οι μορφές έκφρασης και οι συμβολικοί κώδικες λειτουργούν ως στοιχεία συνοχής, που επιτρέπουν στα μέλη μιας κοινωνίας να αναγνωρίζουν τον εαυτό τους ως μέρος ενός κοινού πολιτισμικού πλαισίου (UNESCO, 1982). Ο πολιτισμός, επομένως, συνιστά ζωντανό μηχανισμό συγκρότησης της κοινωνικής εμπειρίας, της συλλογικής προσπάθειας και της πολιτισμικής συνέχειας (Hall, 1997:220-225).

Η κατανόηση του πολιτισμού ως συνόλου αξιών, πρακτικών, νοημάτων και μορφών έκφρασης που διαμορφώνουν τον τρόπο ζωής των κοινωνιών επιτρέπει πληρέστερη προσέγγιση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Graham et al., 2000:11-17). Η πολιτιστική κληρονομιά αποτελεί μία από τις πιο συγκεκριμένες και ιστορικά προσδιορισμένες εκφράσεις του πολιτισμού, καθώς περιλαμβάνει τα στοιχεία που μια κοινωνία αναγνωρίζει ως ιδιαίτερα σημαντικά και άξια διατήρησης και μετάδοσης στις επόμενες γενιές (Smith, 2006:31-34). Λειτουργεί ως ενεργός τόπος μνήμης, ταυτότητας και πολιτισμικής εξέλιξης, μέσω του οποίου οι κοινωνίες μεταφέρουν την ιστορική τους πορεία και επαναπροσδιορίζουν τη σχέση τους με το παρελθόν και το παρόν (Graham et al., 2000:11-17).

Ιδιαίτερη θέση κατέχουν τα πολιτιστικά μνημεία, ως βασικές εκφάνσεις της υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς (Graham et al., 2000:11-17). Απτές μαρτυρίες της ανθρώπινης δημιουργίας, της ιστορικής εμπειρίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς, τα μνημεία δεν αποτυπώνουν μόνο αισθητικές ή τεχνικές αξίες, αλλά συμπυκνώνουν ευρύτερα κοινωνικά, ιστορικά και συμβολικά νοήματα (Graham et al., 2000:11-17). Για τον λόγο αυτό, η εξέταση της πολιτιστικής κληρονομιάς οδηγεί αναπόφευκτα στη μελέτη των μνημείων, της σημασίας τους, της συμβολής τους και των κινδύνων που τα απειλούν (Graham et al., 2000:11-18).

1.2 Πολιτιστικά μνημεία, ορισμός και εννοιολογική οριοθέτηση

Η προσέγγιση των πολιτιστικών μνημείων προϋποθέτει την κατανόηση της πολιτιστικής κληρονομιάς ως ευρύτερης κατηγορίας, μέσα στην οποία εντάσσονται (Βέργου, 2025:30-31). Στο Δίκαιο της Πολιτιστικής Κληρονομιάς δεν υπάρχει ένας ενιαίος και καθολικά αποδεκτός ορισμός, αλλά διαφορετικές διατυπώσεις, που μεταβάλλονται ανάλογα με το διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό νομικό πλαίσιο (Βέργου, 2025:30). Η ποικιλομορφία αυτή αντανακλά όχι μόνο τις νομοθετικές τεχνικές, αλλά και τις διαφορετικές αντιλήψεις για το ποια αγαθά θεωρούνται άξια προστασίας σε κάθε νομικό σύστημα (Βέργου, 2025:30).

Η πολιτιστική κληρονομιά διακρίνεται σε άυλη, υλική και ψηφιακή (Βέργου, 2025:36-37·European Commission, 2021a). Η πρώτη περιλαμβάνει εκδηλώσεις που δεν αποτυπώνονται κατ' ανάγκην σε υλικό μέσο, όπως γλώσσα, παραδόσεις, ήθη και έθιμα, μουσική, χορό, γνώσεις και πρακτικές, ενώ η δεύτερη αφορά τις υλικές αποτυπώσεις του πολιτισμού (Βέργου, 2025:36-37). Η ψηφιακή πολιτιστική κληρονομιά περιλαμβάνει τόσο υλικό που δημιουργείται εξ αρχής σε ψηφιακή μορφή όσο και υλικό που ψηφιοποιείται για σκοπούς διατήρησης, τεκμηρίωσης και ευρύτερης πρόσβασης (European Commission, 2021a·European Commission, 2020). Η εξέλιξη αυτή δείχνει ότι η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς δεν περιορίζεται πλέον στις παραδοσιακές υλικές και άυλες εκφάνσεις, αλλά εκτείνεται και στις ψηφιακές μορφές τεκμηρίωσης, πρόσβασης και διατήρησής της (European Commission, 2021a·European Commission, 2020). Τα μνημεία αποτελούν ειδικότερη μορφή της υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς, ως απτές μαρτυρίες της ανθρώπινης δημιουργίας και του ιστορικού βίου (Βέργου, 2025:30,36-37).

Ο εννοιολογικός προσδιορισμός των μνημείων διαμορφώνεται μέσα από ένα πλέγμα διεθνών συμβάσεων, εθνικών νομοθεσιών και ειδικότερων κανονιστικών κειμένων, τα οποία δεν υιοθετούν πάντοτε ταυτόσημες οριοθετήσεις (Βέργου, 2025:30-31). Η έννοια του μνημείου δεν είναι στατική, αλλά προσδιορίζεται κάθε φορά σε συνάρτηση με τον σκοπό της προστασίας, το αντικείμενο της ρύθμισης και το επίπεδο εφαρμογής του οικείου κανόνα δικαίου (Βέργου, 2025:30-31). Παράλληλα, η κατανόηση των μνημείων δεν εξαντλείται στη νομική τους οριοθέτηση, αλλά συνδέεται και με την αξιακή τους διάσταση.

Όπως επισημαίνει ο Bernard M. Feilden, το ιστορικό μνημείο δεν αποτελεί απλώς ένα παλαιό οικοδόμημα, αλλά σύνθετο πολιτιστικό τεκμήριο που προκαλεί το ενδιαφέρον για τον πολιτισμό και τους ανθρώπους που το δημιούργησαν (Feilden, 2003:1). Η σημασία του δεν περιορίζεται στην αρχιτεκτονική ή αισθητική του ποιότητα, αλλά εκτείνεται σε ιστορικές, κοινωνικές, οικονομικές, πολιτικές και συμβολικές αξίες. Το ιστορικό κτίριο λειτουργεί ως φορέας πολιτιστικής ταυτότητας και συνέχειας, και η κατανόησή του προϋποθέτει τη μελέτη της ιστορίας, της δημιουργίας και της χρήσης του, των υλικών και επεμβάσεων, καθώς και του ευρύτερου περιβάλλοντός του (Feilden, 2003:1).

Η ποικιλομορφία των μνημείων καθιστά αναγκαία την εξέταση τόσο του διεθνούς θεσμικού πλαισίου όσο και της ειδικότερης εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας (Βέργου, 2025:30-31,45-48). Η ελληνική νομοθεσία διακρίνει τα μνημεία σε κινητά και ακίνητα, καθώς και σε αρχαία και νεότερα (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.2-3). Στο διεθνές δίκαιο της πολιτιστικής κληρονομιάς, ωστόσο, η διάκριση κινητών και ακινήτων δεν έχει πάντοτε καθοριστικό ρόλο, καθώς οι διεθνείς συμβάσεις αναφέρονται συχνά στο σύνολο των μνημείων χωρίς συστηματική διαφοροποίηση της νομικής τους μεταχείρισης βάσει αυτού του κριτηρίου (Βέργου, 2025:38-39). Η διάκριση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στις περιπτώσεις παράνομης διακίνησης, επιστροφής και επαναπατρισμού, όπου στο επίκεντρο βρίσκονται κυρίως κινητά μνημεία ή αποσπασμένα τμήματα ενιαίων ακινήτων μνημείων (Βέργου, 2025:38-39).

Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι τα αποσπασμένα τμήματα ενός ενιαίου μνημείου παραμένουν νομικά συνδεδεμένα με αυτό και ακολουθούν τη νομική τύχη του, χωρίς να μπορούν να αντιμετωπιστούν ως πλήρως ανεξάρτητα αντικείμενα (Βέργου, 2025:30). Η θέση αυτή αναδεικνύει ότι το μνημείο δεν εξαντλείται στην υλική του υπόσταση ως απομονωμένο πράγμα, αλλά συνδέεται με την ενότητα, την ιστορικότητα, τη λειτουργία και το πολιτιστικό του περιβάλλον (Βέργου, 2025:38-39). Τα πολιτιστικά μνημεία δεν αποτελούν απλώς τεκμήρια του παρελθόντος, αλλά φορείς μνήμης, ταυτότητας και συνέχειας, που αποκτούν νόημα μέσα από τη σχέση τους με τον τόπο, την κοινωνία και την ιστορική εμπειρία των κοινοτήτων που τα αναγνωρίζουν ως σημαντικά (Βέργου, 2025:36-39).

1.3 Ορισμός και εξέλιξη του διεθνούς πλαισίου προστασίας των πολιτιστικών μνημείων

Η βάση του διεθνούς πλαισίου προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς συνδέεται στενά με τις εμπειρίες των δύο Παγκοσμίων Πολέμων. Οι εκτεταμένες καταστροφές μνημείων, οι βομβαρδισμοί ιστορικών πόλεων και οι λεηλασίες ανέδειξαν την ιδιαίτερη ευαλωτότητα της πολιτιστικής κληρονομιάς σε συνθήκες ένοπλης βίας (Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2018:22-23). Στις συγκρούσεις, η πολιτιστική κληρονομιά δεν υπήρξε μόνο παράπλευρη απώλεια, αλλά συχνά άμεσος στόχος επίθεσης, ακριβώς επειδή ενσάρκωνε τη μνήμη και την ταυτότητα του αντιπάλου (Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2018:22-24).

Η πρώτη συστηματική, πολυμερής ρύθμιση ήταν η Σύμβαση της Χάγης του 1954 για την Προστασία των Πολιτιστικών Αγαθών σε Περίπτωση Ένοπλης Σύρραξης, η οποία αποτέλεσε την πρώτη διεθνή συνθήκη παγκόσμιας εμβέλειας αφιερωμένη αποκλειστικά στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς σε καιρό πολέμου (UNESCO, 1954a). Αποσκοπεί στη θέσπιση συγκεκριμένων κρατικών υποχρεώσεων πρόληψης, διαφύλαξης και σεβασμού των πολιτιστικών αγαθών, οργανωμένων γύρω από δύο βασικούς άξονες: τη διασφάλισή τους ήδη από τον καιρό της ειρήνης και τον σεβασμό τους κατά τη διάρκεια των εχθροπραξιών (UNESCO, 1954a:αρ.1,3-4). Το Πρώτο Πρωτόκολλο του 1954 συμπληρώνει τη Σύμβαση ως προς τα κινητά πολιτιστικά αγαθά σε κατεχόμενα εδάφη, απαγορεύοντας την εξαγωγή τους και επιβάλλοντας την επιστροφή τους μετά το τέλος των εχθροπραξιών (UNESCO, 1954a:αρ.1-4). Το Δεύτερο Πρωτόκολλο του 1999 εξειδικεύει την έννοια της επιτακτικής στρατιωτικής ανάγκης, εισάγει το καθεστώς «ενισχυμένης προστασίας» για αγαθά υψίστης σημασίας και συνδέει την προστασία με μηχανισμούς ατομικής ποινικής ευθύνης, καθώς και με θεσμούς παρακολούθησης και διεθνούς συνεργασίας μέσω της αρμόδιας Επιτροπής (UNESCO, 1999:αρ.6-11,15,21,24-27).

Η θεσμική αυτή σύλληψη συμπληρώνεται και από άλλα κείμενα προστασίας, τα οποία συνέβαλαν στη διεύρυνση της έννοιας του μνημείου (Βέργου, 2025:38-40). Η Χάρτα της Βενετίας του 1964 όρισε ότι το ιστορικό μνημείο δεν περιορίζεται στο μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο, αλλά περιλαμβάνει και το αστικό ή αγροτικό τοπίο όπου διασώζονται τα ίχνη ενός πολιτισμού, μιας σημαντικής εξέλιξης ή ενός ιστορικού γεγονότος (ICOMOS, 1964:αρ.1). Με αυτόν τον τρόπο, το μνημείο παύει να προσεγγίζεται ως απομονωμένο

αντικείμενο και αναγνωρίζεται ως στοιχείο ενταγμένο στο ευρύτερο ιστορικό και χωρικό πλαίσιο αναφοράς (Βέργου, 2025:38-40).

Στις επόμενες δεκαετίες, ιδίως μετά τη δεκαετία του 1960, σε ευρωπαϊκό επίπεδο διαμορφώθηκε ένα ευρύτερο πλέγμα κειμένων που σταδιακά διεύρυναν την έννοια του μνημείου και της προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την προστασία της αρχαιολογικής κληρονομιάς (Λονδίνο, 1964), ο Ευρωπαϊκός Χάρτης της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς και η Διακήρυξη του Άμστερνταμ (1975), η Σύμβαση της Βέρνης (1979) για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, η Σύμβαση της Γρανάδας (1985) για την αρχιτεκτονική κληρονομιά και η Σύμβαση της Μάλτας (1992) για την αρχαιολογική κληρονομιά στον χωροταξικό σχεδιασμό συνθέτουν ένα συνεκτικό πλαίσιο ρυθμίσεων (Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού, 2012:14-17). Τα κείμενα αυτά αναδεικνύουν τη σταδιακή διεύρυνση της προστασίας, από τα μεμονωμένα μνημεία προς μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιλαμβάνει τον δομημένο χώρο, το πολιτιστικό τοπίο και τη σχέση τους με την κοινωνία.

Παράλληλα, σε παγκόσμιο επίπεδο, καθοριστικό σταθμό αποτέλεσε η Σύμβαση της UNESCO του 1972 για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς (UNESCO, 1972). Η σημασία της είναι ιδιαίτερη, καθώς εισάγει μια πολυεθνική προσέγγιση: το μνημείο αναγνωρίζεται ως αντικείμενο προστασίας που υπερβαίνει τα όρια του εθνικού ενδιαφέροντος και θεμελιώνει την ιδέα ότι ορισμένα πολιτιστικά αγαθά έχουν σημασία για το σύνολο της ανθρωπότητας (UNESCO, 1972:αρ.1,4-6). Σύμφωνα με το άρθρο 1, ως πολιτιστική κληρονομιά νοούνται τα μνημεία, τα σύνολα οικοδομημάτων και οι τόποι που παρουσιάζουν εξέχουσα οικουμενική αξία από την άποψη της ιστορίας, της τέχνης ή της επιστήμης (UNESCO, 1972:αρ.1). Στην κατηγορία των μνημείων περιλαμβάνονται έργα αρχιτεκτονικής, μνημειακής γλυπτικής και ζωγραφικής, στοιχεία ή δομές αρχαιολογικού χαρακτήρα, επιγραφές, κατοικήσεις σε σπήλαια και σύνθετα σύνολα στοιχείων (UNESCO, 1972:αρ.1). Ο αρχικός αυτός ορισμός αποδίδει στα πολιτιστικά μνημεία χαρακτήρα που υπερβαίνει τα όρια του εθνικού νομικού συστήματος και τα εντάσσει σε καθεστώς παγκόσμιας αναγνώρισης και προστασίας (UNESCO, 1972:αρ.1,4-6).

Πυρήνας της Σύμβασης είναι η έννοια της «εξέχουσας οικουμενικής αξίας», μέσω της οποίας προσδιορίζονται τα πολιτιστικά αγαθά που θεωρούνται σημαντικά όχι μόνο για το κράτος στο οποίο βρίσκονται, αλλά και για την παγκόσμια κοινότητα (UNESCO, 1972:αρ.1,6·UNESCO World Heritage Centre, n.d.). Ομοίως, το άρθρο 6 αναγνωρίζει ότι, με πλήρη σεβασμό της κρατικής κυριαρχίας, η προστασία της κληρονομιάς που εμπίπτει στα άρθρα 1 και 2 συγκροτεί αντικείμενο διεθνούς συνεργασίας, επειδή συνιστά παγκόσμια κληρονομιά. Έτσι, η Σύμβαση του 1972 λειτουργεί ταυτόχρονα ως εργαλείο ορισμού και ως κανονιστικό θεμέλιο ευθύνης και συνεργασίας για την προστασία των μνημείων (UNESCO, 1972:αρ.4-6·UNESCO World Heritage Centre, n.d.).

Στο ίδιο πνεύμα κινείται και η προσέγγιση της UNESCO για το Ιστορικό Αστικό Τοπίο (2011), η οποία αντιμετωπίζει την ιστορική πόλη ως αποτέλεσμα διαστρωμάτωσης πολιτιστικών και φυσικών αξιών. Η προστασία δεν περιορίζεται στα μεμονωμένα μνημεία ή στα ιστορικά κέντρα, αλλά επεκτείνεται στη σχέση τους με το τοπίο, τις κοινωνικές λειτουργίες, τις ιστορικές διεργασίες και την ευρύτερη περιοχή, οδηγώντας σε πιο σύνθετη κατανόηση των μνημείων ως μερών ευρύτερου πολιτισμικού και ιστορικού συνόλου (UNESCO, 2011:παρ.8-11·Βέργου, 2025:38-40).

Ιδιαίτερη θέση στο σύγχρονο πλαίσιο κατέχει η Κυανή Ασπίδα (Blue Shield), η οποία αφενός αποτελεί το διακριτικό έμβλημα αναγνώρισης προστατευόμενων πολιτιστικών αγαθών και αφετέρου λειτουργεί ως δίκτυο συνεργασίας για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς σε συνθήκες κρίσεων. Η Κυανή Ασπίδα μετατρέπει τη θεσμική πρόβλεψη σε επιχειρησιακή ετοιμότητα, συμβάλλοντας στην πρόληψη, την προπαρασκευή, την επείγουσα απόκριση και την αποκατάσταση (UNESCO, 2020·International Council on Archives, 2024·Blue Shield International, 2022).

Συνεπώς, ενώ η Σύμβαση του 1972 παραμένει το βασικό διεθνές κανονιστικό θεμέλιο για την κατανόηση των πολιτιστικών μνημείων ως αγαθών «εξέχουσας οικουμενικής αξίας», η Σύμβαση της Χάγης του 1954 και τα Πρωτόκολλά της εξειδικεύουν το καθεστώς προστασίας τους σε συνθήκες ένοπλης βίας, ενώ οι μεταγενέστερες ευρωπαϊκές και διεθνείς ρυθμίσεις διευρύνουν σταδιακά την προστασία προς ένα ολοκληρωμένο, τοπιοκεντρικό και επιχειρησιακά εφαρμοσμένο πλαίσιο (UNESCO,

1954a:αρ.1,3-4·UNESCO, 1972:αρ.1,4-6·UNESCO, 2011·UNESCO, 2020·Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού, 2012:14-17·Βέργου, 2025:38-40).

1.4 Τα πολιτιστικά μνημεία στην ελληνική και στην ευρωπαϊκή νομοθεσία

Σε εθνικό επίπεδο, η έννοια και η προστασία των πολιτιστικών μνημείων εξειδικεύονται από την ελληνική νομοθεσία και, ειδικότερα, από τον Ν. 4858/2021, με τον οποίο κωδικοποιήθηκε η νομοθεσία για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς (Ελληνική Δημοκρατία, 2021). Το ελληνικό δίκαιο διακρίνει μεταξύ «πολιτιστικών αγαθών» και «μνημείων», θεωρώντας ως πολιτιστικά αγαθά τις μαρτυρίες της ύπαρξης και της ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ ως μνημεία εκείνα τα πολιτιστικά αγαθά που αποτελούν υλικές μαρτυρίες και ανήκουν στην πολιτιστική κληρονομιά της χώρας και των οποίων επιβάλλεται ειδικότερη προστασία (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.2·Βέργου, 2025:47). Η διάκριση αυτή δείχνει ότι δεν προστατεύεται κάθε πολιτιστικό αγαθό με τον ίδιο τρόπο, αλλά ότι τα μνημεία συνιστούν ειδική κατηγορία με αυξημένη νομική σημασία (Βέργου, 2025:47).

Το ελληνικό δίκαιο υιοθετεί, επιπλέον, σαφές εδαφικό κριτήριο, καθώς στην πολιτιστική κληρονομιά της χώρας περιλαμβάνονται τα πολιτιστικά αγαθά που βρίσκονται εντός της ελληνικής επικράτειας, συμπεριλαμβανομένων των χωρικών υδάτων και άλλων θαλάσσιων ζωνών όπου η Ελλάδα ασκεί δικαιοδοσία (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.1 παρ.2). Το κριτήριο αυτό υπερβαίνει έναν στενά ελληνοκεντρικό ορισμό και υπάγει στην προστασία του νόμου όλα τα πολιτιστικά αγαθά που βρίσκονται στην ελληνική επικράτεια, ακόμη και όταν δεν ανήκουν αποκλειστικά στην ελληνική παράδοση (Βέργου, 2025:47-48). Έτσι, η ελληνική νομοθεσία προσδίδει στην προστασία έναν ευρύτερο και θεσμικά συνεκτικό χαρακτήρα (Βέργου, 2025:47-48). Παράλληλα, ο νόμος αναγνωρίζει την ευθύνη του ελληνικού κράτους και για τα πολιτιστικά αγαθά που προέρχονται από την ελληνική επικράτεια, ακόμη και αν έχουν απομακρυνθεί από αυτή, προβλέποντας μηχανισμούς διεκδίκησης και επιστροφής πολιτιστικών αγαθών που έχουν εξαχθεί παράνομα ή κατέχονται χωρίς νόμιμο τίτλο (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.1 παρ.3, αρ.28-34).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το άρθρο 2 του Ν. 4858/2021, όπου αποσαφηνίζονται οι βασικές έννοιες της πολιτιστικής προστασίας, όπως τα μνημεία, τα αρχαία και τα νεότερα μνημεία, τα κινητά και τα ακίνητα μνημεία, οι αρχαιολογικοί χώροι και οι ιστορικοί τόποι (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.2). Ως αρχαία χαρακτηρίζονται τα ακίνητα μνημεία που χρονολογούνται έως το 1830, τα κινητά μνημεία έως το 1453, καθώς και τα κινητά μνημεία από το 1453 έως το 1830, υπό την προϋπόθεση ότι αποτελούν ευρήματα ανασκαφών ή άλλης αρχαιολογικής έρευνας, έχουν αποσπαστεί από ακίνητα μνημεία ή είναι εικόνες και θρησκευτικά λειτουργικά αντικείμενα. Ως νεότερα μνημεία χαρακτηρίζονται, με διοικητική πράξη, ακίνητα που χρονολογούνται από το 1830 έως και πριν από τα εκατότε εκατό τελευταία έτη, καθώς και ακίνητα της περιόδου των εκατό τελευταίων ετών, τα οποία φέρουν αρχιτεκτονική, πολεοδομική, κοινωνική, εθνολογική, λαογραφική, τεχνική, βιομηχανική ή εν γένει ιστορική, καλλιτεχνική ή επιστημονική σημασία (Βέργου, 2025:61).

Κατά συνέπεια, το μνημείο δεν περιορίζεται στα αρχαία, αλλά περιλαμβάνει και νεότερα πολιτιστικά αγαθά που πληρούν τα κριτήρια ιστορικής, καλλιτεχνικής, επιστημονικής ή ευρύτερης πολιτιστικής σημασίας που θέτει ο νόμος (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.2). Η ελληνική νομοθεσία υιοθετεί, έτσι, μια σύνθετη και δυναμική αντίληψη του μνημείου, συμβατή με τις σύγχρονες προσεγγίσεις της πολιτιστικής κληρονομιάς, επιτρέποντας την προσαρμογή της προστασίας στις ιδιαιτερότητες κάθε κατηγορίας αγαθών (Βέργου, 2025:47-48· Παπαγεωργίου κ.ά., 2010:622-624).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα υλικά και ειδικότερα τα ακίνητα μνημεία, καθώς συνδέονται άμεσα με ζητήματα φθοράς, καταστροφής, παρακολούθησης, συντήρησης και τεχνολογικής προστασίας (Βέργου, 2025:47-48). Ο ελληνικός νόμος υιοθετεί ειδικά κριτήρια για τη διάκριση μνημείων σε αρχαία και νεότερα, καθώς και σε κινητά και ακίνητα, διάκριση που έχει στο ελληνικό δίκαιο πολύ μεγαλύτερη πρακτική σημασία απ' ό,τι στο διεθνές επίπεδο (Βέργου, 2025:38-39,47-48). Ακίνητα μνημεία θεωρούνται όσα είναι ή υπήρξαν συνδεδεμένα με το έδαφος και παραμένουν σε αυτό ή στον βυθό της θάλασσας, όσα δεν μπορούν να μετακινηθούν χωρίς βλάβη της αξίας τους, καθώς και τα αναπόσπαστα στοιχεία και το άμεσο περιβάλλον τους (Βέργου, 2025:48).

Η οριοθέτηση αυτή καταδεικνύει ότι το ελληνικό δίκαιο δεν αντιμετωπίζει το μνημείο ως απομονωμένο αντικείμενο, αλλά ως αγαθό συνδεδεμένο με τον χώρο, τη λειτουργία, τη φυσική του υπόσταση και την ιστορική του μαρτυρία (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.2περ.βγ'). Η έμφαση στον περίγυρο του μνημείου και στα αναπόσπαστα στοιχεία των ακινήτων μνημείων επιβεβαιώνει ότι η προστασία δεν εξαντλείται στο ίδιο το αντικείμενο, αλλά επεκτείνεται στην ενότητα και την ακεραιότητά του (Βέργου, 2025:48,53). Έτσι, το ελληνικό δίκαιο συγκροτεί ένα πυκνό και λειτουργικό σύστημα εννοιολογικής οριοθέτησης, ιδιαίτερα χρήσιμο για μελέτες που εστιάζουν στις υλικές απειλές κατά των μνημείων (Βέργου, 2025:48,53).

Σε επίπεδο δικαίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η εικόνα διαφοροποιείται. Δεν υφίσταται ενιαίος και αυτοτελής ορισμός του πολιτιστικού μνημείου (Βέργου, 2025:47-48). Το πρωτογενές ενωσιακό δίκαιο δεν χρησιμοποιεί τον όρο «πολιτιστικό αγαθό», αλλά τις έννοιες «εθνικός θησαυρός» και «πολιτιστική κληρονομιά», κυρίως σε σχέση με την ελεύθερη κυκλοφορία των εμπορευμάτων και την πολιτιστική συνεργασία (Βέργου, 2025:45). Το ζήτημα προσεγγίζεται μέσα από ειδικότερα ρυθμιστικά εργαλεία, τα οποία ασκούν υποστηρικτικό και συμπληρωματικό χαρακτήρα στον τομέα του πολιτισμού (Κονσόλα, 2006:157).

Ο πολιτισμός ανήκει στους τομείς στους οποίους η Ένωση μπορεί να υποστηρίξει, να συντονίζει ή να συμπληρώνει τη δράση των κρατών μελών (European Union, 2016:αρ.6). Το άρθρο 167 προβλέπει ότι η Ένωση συμβάλλει στην ανάπτυξη των πολιτισμών των κρατών μελών, σέβεται την εθνική και περιφερειακή πολυμορφία τους και προβάλλει την κοινή πολιτιστική κληρονομιά, ενώ μεταξύ των στόχων της περιλαμβάνεται η διατήρηση και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς ευρωπαϊκής σημασίας (European Union, 2016:αρ.167). Πέρα από τα δεσμευτικά νομικά κείμενα, η πολιτιστική πολιτική της Ένωσης αποσκοπεί σε έναν ευρύτερο στόχο, τη διαμόρφωση ευρωπαϊκής ταυτότητας και την υποστήριξη του πολιτιστικού τομέα. Από τη μία πλευρά, προβάλλονται η κοινή πολιτισμική κληρονομιά, η πολιτιστική πολυμορφία, η διακρατική συνεργασία και η δυνατότητα πρόσβασης σε έναν κοινό ευρωπαϊκό πολιτιστικό χώρο, ενισχύοντας έτσι την ευρωπαϊκή ταυτότητα στο πλαίσιο του διαπολιτισμικού διαλόγου. Από την άλλη, δίδεται έμφαση στη δημιουργικότητα, την καινοτομία, την ανταλλαγή τεχνογνωσίας και

την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη, προσδίδοντας μια σαφή οικονομική διάσταση στον πολιτισμό (Κοντοχρήστου, 2018:48). Η Ευρωπαϊκή Ένωση λειτουργεί, επομένως, υποστηρικτικά και συμπληρωματικά προς το εθνικό δίκαιο (European Union, 2016:αρ.6,167).

Στο παράγωγο ενωσιακό δίκαιο, η έννοια των πολιτιστικών αγαθών προσδιορίζεται λειτουργικά και κατά περίπτωση (Βέργου, 2025:45-46). Ο Κανονισμός (ΕΚ) 116/2009 για την εξαγωγή πολιτιστικών αγαθών ακολουθεί τη μέθοδο του καταλόγου και απαριθμεί κατηγορίες όπως αρχαιολογικά αντικείμενα, στοιχεία προερχόμενα από διαμελισμό μνημείων, έργα ζωγραφικής, γλυπτά, χειρόγραφα, αρχεία και συλλογές (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009, Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 116/2009:1). Αντίστοιχα, η Οδηγία 2014/60/ΕΕ για την επιστροφή παρανόμως απομακρυνθέντων πολιτιστικών αγαθών ορίζει ως πολιτιστικό αγαθό εκείνο που έχει χαρακτηριστεί από κράτος μέλος ως εθνικός θησαυρός καλλιτεχνικής, ιστορικής ή αρχαιολογικής αξίας, επιβεβαιώνοντας ότι ο ουσιώδης χαρακτηρισμός παραμένει στην αρμοδιότητα του κράτους μέλους (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2014:αρ.2).

Εντέλει, στο επίπεδο της νομοθεσίας, η ελληνική έννομη τάξη παρέχει ειδικότερη και συστηματική εννοιολογική οριοθέτηση των μνημείων, ενώ η ευρωπαϊκή κινείται σε επίπεδο γενικών αρχών, συντονιστικής αρμοδιότητας και ειδικών ρυθμίσεων για τη διακίνηση, εξαγωγή και επιστροφή πολιτιστικών αγαθών (Βέργου, 2025:45-48). Το ελληνικό νομοθετικό σύστημα, και ιδίως ο Ν. 4858/2021, συγκροτεί τον βασικό εθνικό μηχανισμό προστασίας των πολιτιστικών μνημείων, ενώ το ενωσιακό δίκαιο διαμορφώνει το ευρύτερο θεσμικό πεδίο που ενισχύει και συντονίζει αυτή την προστασία (Ελληνική Δημοκρατία, 2021·European Union, 2016:αρ.6,167).

1.5 Η πολιτισμική, κοινωνική και οικονομική συμβολή των μνημείων

Η σημασία των πολιτιστικών μνημείων δεν περιορίζεται στη διατήρησή τους ως σιωπηλές αναμνήσεις του παρελθόντος, αλλά εκτείνεται στον πολυδιάστατο ρόλο που επιτελούν στο παρόν (UNESCO, 2023). Τα μνημεία αποτελούν φορείς ιστορικής μνήμης,

τεκμήρια πολιτισμικής συνέχειας και σημεία αναφοράς μέσα από τα οποία οι κοινωνίες αναγνωρίζουν στοιχεία της ταυτότητάς τους και επαναπροσδιορίζουν τη σχέση τους με το παρελθόν (Smith, 2006:3-8). Η αξία τους δεν είναι μόνο ιστορική ή αισθητική, αλλά βαθιά πολιτισμική, καθώς μέσω αυτών διασώζονται νοήματα, εμπειρίες, συμβολισμοί και μορφές συλλογικής αυτογνωσίας (Graham et al., 2000:11-17).

Τα μνημεία συμβάλλουν στη διατήρηση και μετάδοση της μνήμης, συνδέοντας το παρελθόν με το παρόν και καθιστώντας ορατή τη διάρκεια της ανθρώπινης δημιουργίας στον χρόνο (Graham et al., 2000:11-17). Η υλική τους παρουσία λειτουργεί ως απτή μαρτυρία της ιστορικής εμπειρίας, επιτρέποντας την κατανόηση των αξιών, των πρακτικών και των τεχνικών που διαμόρφωσαν διαφορετικές κοινωνίες και πολιτισμούς (Smith, 2006:30-32). Αποτελούν, επομένως, βασικά στοιχεία πολιτιστικής ταυτότητας σε εθνικό, τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και μπορούν να λειτουργήσουν ως σημεία επαφής ανάμεσα σε διαφορετικές ιστορικές και πολιτισμικές παραδόσεις (ICOMOS, 2019).

Η συμβολή τους είναι και κοινωνική (UNESCO, 2023). Η πολιτιστική κληρονομιά δεν αφορά μόνο το παρελθόν, αλλά και τις κοινότητες που τη βιώνουν, τη διαχειρίζονται και τη μεταβιβάζουν στις επόμενες γενιές (UNESCO, 2015). Τα μνημεία ενισχύουν την αίσθηση του ανήκειν, καλλιεργούν συλλογική ευθύνη και λειτουργούν ως πεδία κοινωνικής συνάντησης, εκπαίδευσης και διαλόγου (UNESCO, 2023). Η σύνδεσή τους με τη δημόσια ιστορία, τη μουσειακή εμπειρία, την τοπική μνήμη και την καθημερινή ζωή επιτρέπει την ανάπτυξη δεσμών ανάμεσα στην κοινωνία και το πολιτιστικό της απόθεμα, ενισχύοντας τη συνοχή και την πολιτισμική συνέχεια (ICOMOS, 2015).

Παράλληλα, τα μνημεία διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο και στην οικονομική ζωή, ιδίως όταν εντάσσονται σε στρατηγικές βιώσιμης διαχείρισης και ανάπτυξης (World Bank, 2018). Η προστασία και ανάδειξή τους μπορεί να ενισχύσει την τοπική οικονομία, να στηρίξει ήπιες μορφές τουρισμού, να συμβάλει στην αστική και περιφερειακή αναζωογόνηση και να δημιουργήσει θέσεις εργασίας που συνδέονται με τη συντήρηση, τη διαχείριση, την έρευνα, την εκπαίδευση και τις πολιτιστικές υπηρεσίες (UNESCO, 2015·World Bank, 2018). Η πολιτιστική ανάπτυξη μπορεί, επιπλέον, να συνδεθεί με την αναβίωση παραδοσιακών επαγγελμάτων, τεχνών και χειροτεχνιών και με την ενίσχυση της ευαισθητοποίησης απέναντι στην αξία της πολιτιστικής κληρονομιάς (Κουρή, 2010:328).

Ιδίως τα μνημεία διεθνούς αναγνώρισης, όπως εκείνα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς, μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά την επισκεψιμότητα και να προσδώσουν αναπτυξιακή δυναμική στις περιοχές όπου βρίσκονται (UNESCO, 2015).

Η οικονομική διάσταση δεν πρέπει, ωστόσο, να αποσυνδέεται από τον πολιτισμικό και κοινωνικό χαρακτήρα των μνημείων (ICOMOS, 2015). Η αξία τους δεν ταυτίζεται με την τουριστική ή εμπορική απόδοση, αλλά εδράζεται πρωτίστως στη σημασία τους ως φορέων μνήμης, ταυτότητας και πολιτισμικής συνέχειας (Smith, 2006:30). Η βιώσιμη αξιοποίησή τους προϋποθέτει ισορροπία ανάμεσα στην προστασία, την κοινωνική λειτουργία και την αναπτυξιακή προοπτική, ώστε τα μνημεία να παραμένουν ζωντανά στοιχεία χωρίς να αλλοιώνεται η αυθεντικότητα και ο χαρακτήρας τους (ICOMOS, 2019·UNESCO, 2015).

Συνολικά, τα πολιτιστικά μνημεία μπορούν να ιδωθούν ως πολύπλευρα αγαθά, των οποίων η σημασία εκτείνεται πέρα από τη στενή έννοια της διατήρησης (UNESCO, 2023). Συνδέονται με τη συλλογική μνήμη, την πολιτισμική ταυτότητα, τη δημόσια παιδεία, την κοινωνική συνοχή και τη βιώσιμη ανάπτυξη, γεγονός που καθιστά την προστασία τους ζήτημα όχι μόνο πολιτιστικής πολιτικής, αλλά και ευρύτερου κοινωνικού ενδιαφέροντος (UNESCO, 2015·World Bank, 2018). Η πολυδιάστατη αυτή συμβολή εξηγεί γιατί η φθορά, η εγκατάλειψη ή η καταστροφή τους δεν συνιστά απλώς απώλεια υλικών τεκμηρίων, αλλά αποδυνάμωση ενός ευρύτερου πλέγματος ιστορικών, κοινωνικών και πολιτισμικών σχέσεων (ICOMOS, 2019).

Κεφάλαιο 2. Απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία

2.1 Παράγοντες που απειλούν τα πολιτιστικά μνημεία

Παρά τη θεμελιώδη σημασία τους, τα πολιτιστικά μνημεία αντιμετωπίζουν πολλαπλές απειλές, που θέτουν σε κίνδυνο τόσο τη φυσική τους υπόσταση όσο και τη συμβολική, ιστορική και κοινωνική τους αξία. Ήδη στο προοίμιο της Σύμβασης της UNESCO του 1972 επισημαίνεται ότι η πολιτιστική κληρονομιά απειλείται ολοένα και περισσότερο όχι μόνο από τις παραδοσιακές αιτίες φθοράς, αλλά και από τις μεταβαλλόμενες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες, οι οποίες επιτείνουν τα φαινόμενα βλάβης και καταστροφής. Επιπλέον, το άρθρο 11 αναφέρεται σε συγκεκριμένους κινδύνους, όπως η επιταχυνόμενη υποβάθμιση, τα μεγάλης κλίμακας έργα, η ταχεία αστική ή τουριστική ανάπτυξη, οι μεταβολές στη χρήση της γης, οι ένοπλες συγκρούσεις, οι πυρκαγιές και άλλες σοβαρές καταστροφές (UNESCO, 1972:προοίμιο,αρ.11).

Στην παρούσα εργασία, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις ανθρωπογενείς απειλές, καθώς συνδέονται άμεσα με τη φθορά, την υποβάθμιση ή και την ολοκληρωτική καταστροφή των πολιτιστικών μνημείων εξαιτίας ανθρώπινων παρεμβάσεων ή επιλογών. Στις απειλές αυτές περιλαμβάνονται οι πολεμικές συγκρούσεις, η αρχαιοκαπηλία, οι βανδαλισμοί, η ανεξέλεγκτη αστική ανάπτυξη, η περιβαλλοντική ρύπανση, θρησκευτικοί και σεξιστικοί ή φυλετικοί λόγοι, καθώς και η απουσία επαρκούς σχεδιασμού προστασίας και συντήρησης. Οι επιπτώσεις τους δεν περιορίζονται στη φυσική βλάβη των μνημείων, αλλά επεκτείνονται στην αποδυνάμωση της ιστορικής μνήμης, στη διατάραξη της πολιτισμικής συνέχειας και στη μείωση της κοινωνικής και μορφωτικής αξίας που ενσωματώνουν (Deny and Stone, 2012:45-52).

Η διαπίστωση αυτή καθιστά αναγκαία μια ολοκληρωμένη προσέγγιση προστασίας, που να συνδυάζει νομική θωράκιση, επιστημονική τεκμηρίωση, συστηματική παρακολούθηση και έγκαιρη πρόληψη των κινδύνων. Η σύγχρονη προστασία των πολιτιστικών μνημείων δεν μπορεί να στηρίζεται αποκλειστικά σε εκ των υστέρων επεμβάσεις αποκατάστασης, αλλά απαιτεί μηχανισμούς έγκαιρης ανίχνευσης, καταγραφής και διαχείρισης των απειλών. Οι νέες τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και τα έξυπνα συστήματα παρακολούθησης, επιτρέπουν έγκαιρη ανίχνευση φθορών, παρακολούθηση κινδύνων και υποστήριξη της συντήρησης, ενισχύοντας την πρόληψη ανθρωπογενών καταστροφών.

2.2 Η ανάγκη πρόληψης, παρακολούθησης και σύγχρονης προστασίας

Η σημερινή πραγματικότητα, με την πολλαπλότητα και την ένταση των απειλών που αντιμετωπίζουν τα πολιτιστικά μνημεία, καθιστά σαφές ότι η προστασία τους είναι πιο επίκαιρη από ποτέ. Η αντιμετώπιση δεν μπορεί να περιορίζεται σε εκ των υστέρων παρεμβάσεις συντήρησης ή αποκατάστασης, αλλά απαιτεί κοινές δράσεις σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, με ανθρωπιστική, επιστημονική και τεχνική συνδρομή (Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2018:157).

Η σύγχρονη αντίληψη για τη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς δίνει αυξανόμενη έμφαση στην πρόληψη, στην έγκαιρη αναγνώριση κινδύνων και στη συστηματική παρακολούθηση της κατάστασης των μνημείων. Η UNESCO και τα συνεργαζόμενα διεθνή όργανα υπογραμμίζουν ότι η αποτελεσματική φροντίδα προϋποθέτει εντοπισμό απειλών, αξιολόγηση τρωτότητας, προτεραιοποίηση κινδύνων και ενσωμάτωση της διαχείρισης καταστροφών στα συνολικά σχέδια διαχείρισης (ICOMOS, 2017).

Η πρόληψη αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς πολλά αίτια φθοράς και καταστροφής μπορούν να εντοπιστούν πριν εξελιχθούν σε μη αναστρέψιμες βλάβες. Η έγκαιρη καταγραφή παθολογιών, η αποτίμηση της κατάστασης διατήρησης, η ανίχνευση μεταβολών και η χαρτογράφηση των πιέσεων που ασκούνται στα μνημεία αποτελούν κρίσιμα στοιχεία μιας σύγχρονης στρατηγικής φροντίδας (Teutonico and Matero, 2003:8-10). Η παρακολούθηση δεν είναι δευτερεύουσα λειτουργία, αλλά κεντρικός μηχανισμός διατήρησης, καθώς επιτρέπει τη μετάβαση από παθητική αντίδραση σε ενεργητική διαχείριση του κινδύνου (Remondino and El-Hakim, 2006:269-272).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης κινδύνων, συνδέοντας νομική προστασία, επιστημονική τεκμηρίωση, διοικητική ετοιμότητα και συνεργασία εμπλεκόμενων φορέων. Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η αποτελεσματική μέριμνα εξαρτάται από σχέδια ετοιμότητας, σαφή κατανομή ρόλων, ενημέρωση των αρμόδιων αρχών και των μηχανισμών εποπτείας. Η λογική αυτή αντανάκλα τη μετάβαση από μια στενά συντηρητική προσέγγιση σε δυναμικό πρότυπο πρόληψης, ανθεκτικότητας και διαρκούς φροντίδας (Feilden and Jokilehto, 1998:41-44).

Μέσα σε αυτή τη δυναμική, οι νέες τεχνολογίες αποκτούν ιδιαίτερο βάρος. Ψηφιακά εργαλεία τεκμηρίωσης και τρισδιάστατης αποτύπωσης, όπως οι μέθοδοι image-based 3D modelling και η φωτογραμμετρία κοντινού πεδίου, επιτρέπουν την παραγωγή ακριβών και λεπτομερών τρισδιάστατων μοντέλων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης και τον σχεδιασμό παρεμβάσεων (Remondino and El-Hakim, 2006:272-276). Παράλληλα, συστήματα αισθητήρων, γεωχωρική ανάλυση, αυτοματοποιημένη παρακολούθηση και εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης διευρύνουν τις δυνατότητες ανίχνευσης κινδύνων, έγκαιρης προειδοποίησης και λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων, χωρίς να υποκαθιστούν την ανθρώπινη επιστημονική κρίση, αλλά ενισχύοντάς την με μεγαλύτερη ακρίβεια, ταχύτητα και δυνατότητα συστηματικής επεξεργασίας δεδομένων (Remondino and El-Hakim, 2006:272-276).

Η ανάγκη πρόληψης, παρακολούθησης και σύγχρονης προάσπισης των μνημείων συνδέεται, συνεπώς, τόσο με τη διατήρηση της υλικής τους υπόστασης όσο και με τη διασφάλιση των πολιτισμικών, κοινωνικών και οικονομικών αξιών που φέρουν (UNESCO, 1972:προοίμιο, αρ.11). Όσο περισσότερο αναγνωρίζεται ο πολυδιάστατος ρόλος τους, τόσο πιο επιτακτική γίνεται η ανάπτυξη ολοκληρωμένων, διεπιστημονικών και τεχνολογικά υποστηριζόμενων στρατηγικών διαχείρισης και προστασίας (Agariou et al., 2015:230).

2.3 Φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές

Οι καταστροφές διακρίνονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς, ανάλογα με την προέλευση και τα αίτια που τις προκαλούν. Ως φυσική καταστροφή ορίζεται ένα σοβαρό, μεγάλης κλίμακας δυσμενές γεγονός, το οποίο προκύπτει από φυσικές διεργασίες της γης και της βιόσφαιρας και επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, στο περιβάλλον, στις ανθρώπινες δραστηριότητες και στα πολιτιστικά μνημεία (ICCRUM et al., 2010:2-3,6). Τέτοιες καταστροφές οφείλονται σε γεωφυσικά φαινόμενα, όπως σεισμοί, τσουνάμι, κατολισθήσεις, ηφαιστειακές εκρήξεις, καθώς και σε μετεωρολογικά συμβάντα όπως ανεμοθύελλες, ανεμοστρόβιλοι, πλημμύρες, ξηρασία ή ηλιακές εκλάμψεις (ICCRUM, 2012).

Αντίθετα, οι ανθρωπογενείς καταστροφές συνδέονται με ανθρώπινες παρεμβάσεις ή παραλείψεις, αστοχίες ή σκόπιμες κακόβουλες ενέργειες. Σε αυτές περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, βιομηχανικά ατυχήματα, περιβαλλοντικές καταστροφές από ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς και φαινόμενα όπως ο πόλεμος και η τρομοκρατία. Στη σύγχρονη πραγματικότητα, ωστόσο, παρατηρούνται ολοένα συχνότερα σύνθετες και πολυπαραγοντικές μορφές καταστροφών, όπου τα αίτια προκύπτουν από την αλληλεπίδραση φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ότι μία καταστροφή μπορεί να λειτουργήσει ως εναρκτήριο γεγονός και να προκαλέσει δευτερογενείς ή και τριτογενείς καταστροφές, οι οποίες εντείνουν και πολλαπλασιάζουν τις επιπτώσεις της αρχικής (Σαουντζάκη και Δανδουλάκη, 2015:57). Η αλληλουχία αυτή καθιστά αναγκαία μια ολιστική προσέγγιση στη μελέτη και τη διαχείριση των καταστροφών.

2.3.1 Είδη ανθρωπογενών καταστροφών

Οι ανθρωπογενείς καταστροφές αποτελούν μορφές απειλής που προκύπτουν από ανθρώπινες πράξεις, επιλογές ή παραλείψεις και επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στην πολιτιστική κληρονομιά, καθώς συνδέονται με κοινωνικές, πολιτικές, στρατιωτικές, οικονομικές ή τεχνολογικές διεργασίες και, ως εκ τούτου, φέρουν έντονο ιστορικό και πολιτισμικό χαρακτήρα (ICCROM et al., 2010:10-11).

Στην πολιτιστική κληρονομιά, οι ανθρωπογενείς καταστροφές δεν αφορούν μόνο την υλική φθορά μνημείων και πολιτιστικών αγαθών, αλλά και την προσβολή των αξιών, των νοημάτων και των συμβολισμών που αυτά ενσωματώνουν για τις κοινότητες που τα περιβάλλουν (Smith, 2006:40-41· ICCROM et al., 2010:vii-xi.). Η πολιτιστική ιδιοκτησία σε περιόδους ένοπλης σύγκρουσης (UNESCO, 1954) μπορεί να υποστεί τόσο ακούσιες βλάβες, όπως παράπλευρες απώλειες ή εγκατάλειψη, όσο και εσκεμμένες επιθέσεις, όταν η καταστροφή της καθίσταται αυτοσκοπός σε συγκρούσεις που συνδέονται με ταυτότητα, ιστορικές διεκδικήσεις και έλεγχο της τοποθεσίας (UNESCO, 1954·Van der Auwera, 2013:176).

Οι ανθρωπογενείς καταστροφές στην πολιτιστική κληρονομιά διακρίνονται σε σκόπιμες και μη σκόπιμες ή έμμεσες (ICCROM et al., 2010:8-11). Στις πρώτες περιλαμβάνονται άμεσες επιθέσεις κατά μνημείων και πολιτιστικών αγαθών, όπως βανδαλισμός, λεηλασία, παράνομη διακίνηση (European Parliamentary Research Service, 2016), ιδεολογικά υποκινούμενη καταστροφή και πολεμικές επιχειρήσεις που στοχεύουν πολιτιστικά σύμβολα ως μέσα πολιτισμικής εξόντωσης ή αποδυνάμωσης της συλλογικής ταυτότητας (UNESCO, 2021·Van der Auwera, 2013:176). Ιδιαίτερα σε συνθήκες ένοπλης σύγκρουσης, η πολιτιστική κληρονομιά δεν λειτουργεί απλώς ως παράπλευρο θύμα, αλλά συχνά ως στρατηγικός και συμβολικός στόχος. (UNESCO, 2021·ICCROM et al., 2010:vii-xi.). Οι επιθέσεις κατά του πολιτισμού μπορούν να λειτουργούν ως όπλο πολέμου, εξυπηρετώντας ιδεολογικούς, στρατιωτικούς, επικοινωνιακούς και οικονομικούς σκοπούς και επιδιώκοντας να διαρρήξουν τη συνέχεια της μνήμης και την πολιτισμική συνοχή των πληττόμενων ομάδων (ICCROM et al., 2010:vii-xi·Bevan, 2006:7-12·Van der Auwera, 2013:176).

Στις μη σκόπιμες ή έμμεσες ανθρωπογενείς καταστροφές εντάσσονται απειλές που δεν εκδηλώνονται με θεαματική αμεσότητα, αλλά παράγουν μακροχρόνια και συχνά μη αναστρέψιμα αποτελέσματα (ICCROM et al., 2010:8-11). Σε αυτές ανήκουν η ανεξέλεγκτη αστική ανάπτυξη, η βιομηχανική ρύπανση, η κατάρρευση ή αστοχία υποδομών, η κακή διαχείριση, η απουσία σχεδιασμού, η πλημμελής προστασία και η μακρόχρονη έλλειψη συντήρησης, παράγοντες που αυξάνουν την τρωτότητα της πολιτιστικής κληρονομιάς και μετατρέπουν τη φθορά σε συστημικό πρόβλημα (European Parliamentary Research Service, 2016·ICCROM et al., 2010:8-12). Στην ελληνική νομοθεσία, η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς ορίζεται ευρέως, ώστε να περιλαμβάνει όχι μόνο τη διατήρηση των στοιχείων της, αλλά και τον εντοπισμό, την καταγραφή, την τεκμηρίωση, τη μελέτη και την αποτροπή κάθε άμεσης ή έμμεσης βλάβης (Ελληνική Δημοκρατία, 2021:αρ.2-3· Ελληνική Δημοκρατία, 2002,αρ.1-3).

Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη, διότι αναδεικνύει ότι οι ανθρωπογενείς καταστροφές δεν εμφανίζονται μόνο ως αιφνίδια επεισόδια βίας, αλλά και ως αποτέλεσμα καθημερινών πρακτικών αμέλειας, θεσμικής ανεπάρκειας ή πολιτικών επιλογών (ICCROM et al., 2010:8-13). Η έλλειψη συντήρησης, η διακοπή μέτρων προστασίας, η

εγκατάλειψη αρχαιολογικών χώρων ή μουσείων και η απουσία εξειδικευμένου προσωπικού μπορούν να λειτουργήσουν εξίσου καταστροφικά με μια άμεση επίθεση, ιδίως όταν οι βλάβες αθροίζονται σε βάθος χρόνου και οδηγούν σε απώλεια αυθεντικότητας, ακεραιότητας και ιστορικής τεκμηρίωσης (ICCROM et al., 2010:vii-xi.).

Από την οπτική των πολιτιστικών και ανθρωπιστικών σπουδών, η σημασία των ανθρωπογενών καταστροφών δεν εξαντλείται στην υλική βλάβη των μνημείων (Sørensen and Viejo-Rose, 2015:8-12). Η καταστροφή της πολιτιστικής κληρονομιάς συνδέεται με βαθύτερες επιπτώσεις στην πολιτισμική ταυτότητα και στη δυνατότητα των κοινωνιών να αναγνωρίζουν τον εαυτό τους μέσα από τόπους, αντικείμενα και σύμβολα του παρελθόντος (Council of Europe 2005·Sørensen and Viejo-Rose, 2015:8-12). Η μεταπολεμική εμπειρία δείχνει ότι μνημεία, τοπία και ιστορικοί χώροι αποκτούν ενεργό ρόλο στη διαμόρφωση της κοινωνικής συνείδησης και στην ανασυγκρότηση συλλογικών αφηγήσεων, ιδίως σε περιόδους μετά από συγκρούσεις (Βέργου, 2025:45·Sørensen and Viejo-Rose, 2015:8-12). Η προσέγγιση αυτή συνάδει και με την ελληνική θεωρία της πολιτιστικής κληρονομιάς, η οποία αναδεικνύει ότι η διαφύλαξη δεν εξαντλείται στην υλική διάσωση, αλλά εκτείνεται στην προστασία των ιστορικών, κοινωνικών και πολιτισμικών αξιών που φέρουν τα αγαθά.

Για τον λόγο αυτό, η μελέτη των ανθρωπογενών καταστροφών στα πολιτιστικά μνημεία είναι αναγκαία όχι μόνο για τη χαρτογράφηση των μορφών κινδύνου, αλλά και για την κατανόηση των πολιτισμικών μηχανισμών μέσω των οποίων η καταστροφή αποκτά κοινωνική και συμβολική βαρύτητα (Sørensen and Viejo-Rose, 2015:8-12). Η αναγνώριση αιτίων, κινήτρων και μορφών εκδήλωσης αυτών των απειλών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη στρατηγικών πρόληψης, ετοιμότητας και προστασίας, που θα διασφαλίζουν όχι μόνο τη φυσική διάσωση των μνημείων, αλλά και τη διατήρηση των αξιών που αυτά φέρουν για τις σύγχρονες και τις μελλοντικές κοινότητες (UNESCO, 2021).

2.4 Κατηγοριοποίηση ανθρωπογενών καταστροφών

Οι ανθρωπογενείς καταστροφές που απειλούν τα πολιτιστικά μνημεία εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία ως προς τα αίτια, τη μορφή και την ένταση των επιπτώσεών τους.

Για λόγους σαφήνειας και συστηματικής προσέγγισης, κρίνεται αναγκαία η κατηγοριοποίησή τους σε διακριτές ενότητες, με βάση τον πρωτεύοντα αιτιολογικό παράγοντα και τον τρόπο εκδήλωσης της καταστροφής (ICCROM et al., 2010:8-13).

Η παρούσα εργασία υιοθετεί μια αιτιοκεντρική ταξινόμηση των ανθρωπογενών καταστροφών, η οποία προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες ανάγκες της μελέτης των πολιτιστικών μνημείων. Η ταξινόμηση αυτή δεν αποσκοπεί στην εξαντλητική καταγραφή όλων των πιθανών μορφών καταστροφής, αλλά στη συστηματική ομαδοποίηση των σημαντικότερων ανθρωπογενών απειλών που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την ακεραιότητα και τη βιωσιμότητα των μνημείων.

Οι ανθρωπογενείς καταστροφές που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη κατηγοριοποιούνται σε πέντε βασικές ομάδες:

- α) ένοπλες και ιδεολογικές συγκρούσεις,**
- β) εγκληματικές και παράνομες δραστηριότητες,**
- γ) αμέλεια, κακή διαχείριση και θεσμικές αστοχίες,**
- δ) περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές πιέσεις,**
- ε) ατυχήματα και τεχνολογικές αστοχίες.**

Η ανάλυση που ακολουθεί εξετάζει κάθε κατηγορία ξεχωριστά, εστιάζοντας στα αίτια, στους μηχανισμούς εκδήλωσης και στις επιπτώσεις τους στα πολιτιστικά μνημεία.

2.4.α. Ένοπλες, πολιτικές και ιδεολογικές συγκρούσεις ως ανθρωπογενείς καταστροφές στα πολιτιστικά μνημεία

Οι ένοπλες, πολιτικές και ιδεολογικές συγκρούσεις συνιστούν μία από τις σοβαρότερες και πλέον καταστροφικές μορφές ανθρωπογενών απειλών για τα πολιτιστικά μνημεία (UNESCO, 2021). Πρόκειται για καταστάσεις σύγκρουσης που εκδηλώνονται σε πολέμους, εμφυλίους, επαναστατικά κινήματα, κατοχικά καθεστώτα ή περιόδους έντονης πολιτικής αστάθειας και συνοδεύονται συχνά από εκτεταμένες φθορές, λεηλασίες ή και ολοκληρωτική καταστροφή πολιτιστικών αγαθών (UNESCO, 2021). Τα μνημεία, ως

υλικές εκφράσεις ιστορικής μνήμης και πολιτισμικής ταυτότητας, καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτα σε στιγμές βίαιης αναδιάρθρωσης της εξουσίας και των κοινωνικών δομών, ακριβώς επειδή συμπυκνώνουν συμβολικά νοήματα που υπερβαίνουν τη στενή υλική τους υπόσταση (Bevan, 2006:7-12·Van der Auwera, 2013:175-176).

Η καταστροφή πολιτιστικών μνημείων κατά τη διάρκεια ένοπλων συγκρούσεων δεν περιορίζεται πάντοτε σε παράπλευρη απώλεια στρατιωτικών επιχειρήσεων. Συχνά εντάσσεται σε στρατηγικές σκόπιμης πολιτισμικής εξάλειψης, με στόχο την αποδυνάμωση της συλλογικής μνήμης, την απονομιμοποίηση της ιστορικής συνέχειας συγκεκριμένων ομάδων και τη συμβολική επιβολή επί του αντιπάλου (Bevan, 2006:7-12·Van der Auwera, 2013:175-176). Η στοχευμένη προσβολή μνημείων, ιστορικών κτιρίων και τόπων λατρείας δεν στρέφεται μόνο κατά της ύλης, αλλά και κατά της ταυτότητας και της μνήμης των κοινοτήτων που συνδέονται με αυτά (UNESCO, 2017). Η πολιτιστική κληρονομιά μετατρέπεται έτσι σε σύμβολο αντιπαράθεσης, όπου η καταστροφή του παρελθόντος χρησιμοποιείται ως μέσο ιδεολογικής κυριαρχίας στο παρόν (Bevan, 2006:7-12).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ιδεολογικά υποκινούμενης καταστροφής αποτελεί η ανατίναξη των αγαλμάτων του Βούδα στο Bamiyan το 2001 από τους Ταλιμπάν (UNESCO World Heritage Centre, 2003). Τα μνημεία αυτά, παρά την αναγνωρισμένη οικουμενική τους αξία, στοχοποιήθηκαν λόγω της θρησκευτικής και πολιτισμικής τους σημασίας, αναδεικνύοντας ότι η εικονοκλαστική βία συχνά αποσκοπεί στην εξάλειψη συμβόλων ασύμβατων με το κυρίαρχο ιδεολογικό αφήγημα (UNESCO World Heritage Centre, 2003). Αντίστοιχα, στον πόλεμο της Συρίας, σημαντικά μνημεία της αρχαίας Παλμύρας υπέστησαν συστηματικές καταστροφές από το Ισλαμικό Κράτος, το οποίο αξιοποίησε την προσβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς τόσο ως μέσο ιδεολογικής εξάλειψης όσο και ως εργαλείο διεθνούς προπαγάνδας (UNESCO Office in Beirut, 2016).

Στην Ευρώπη, χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Ντουμπρόβνικ κατά τον πόλεμο της Γιουγκοσλαβίας (1991-1992) (UNESCO World Heritage Centre, 2018). Παρά την αναγνώριση της παλιάς πόλης ως Μνημείου Παγκόσμιας Κληρονομιάς, υπέστη εκτεταμένες ζημιές σε τείχη, ναούς και ιστορικά οικοδομήματα, δείχνοντας ότι ακόμη και διεθνώς κατοχυρωμένα μνημεία παραμένουν ευάλωτα όταν γίνονται συμβολικοί στόχοι

πολεμικής βίας (UNESCO World Heritage Centre, 2018). Αντίστοιχη είναι η καταστροφή της γέφυρας Stari Most στο Μόσταρ το 1993, όπου η απώλεια δεν αφορούσε μόνο ένα εμβληματικό τεχνικό έργο, αλλά και ένα μνημείο που συμβόλιζε τη συνύπαρξη διαφορετικών πολιτισμικών και θρησκευτικών κοινοτήτων, γι' αυτό και η μεταγενέστερη αποκατάστασή του προσέλαβε ιδιαίτερη σημασία ως πράξη συμφιλίωσης και επανόρθωσης της μνήμης (UNESCO World Heritage Centre, 2005).

Σοβαρές απώλειες καταγράφονται επίσης σε πολιτιστικούς οργανισμούς, όπως μουσεία, βιβλιοθήκες και αρχεία, που πλήττονται άμεσα από εχθροπραξίες ή έμμεσα από λεηλασίες μετά την κατάρρευση διοικητικών μηχανισμών (UNESCO, 2021). Ενδεικτική είναι η περίπτωση του Εθνικού Μουσείου του Ιράκ στη Βαγδάτη, το οποίο υπέστη εκτεταμένες λεηλασίες μετά την εισβολή του 2003, με αποτέλεσμα την απώλεια ή παράνομη διακίνηση χιλιάδων αντικειμένων μεγάλης αρχαιολογικής σημασίας (UNESCO, 2023a). Το παράδειγμα αυτό κατέδειξε ότι η απουσία θεσμικής προστασίας και επιχειρησιακής ετοιμότητας σε περιόδους κρίσης μπορεί να αποβεί εξίσου καταστροφική με τις ίδιες τις πολεμικές επιχειρήσεις (UNESCO, 2021).

Η ελληνική εμπειρία προσφέρει επίσης εύγλωττα παραδείγματα των επιπτώσεων του πολέμου και της κατοχής στην πολιτιστική κληρονομιά. Στο βιβλίο «Ζημιαί των αρχαιοτήτων εκ του πολέμου και των στρατών κατοχής» (1946) καταγράφονται κλοπές, αυθαίρετες ανασκαφές, καταστροφές, αρπαγές και υλικές ζημιές που προκλήθηκαν από τις δυνάμεις κατοχής σε όλη τη χώρα (Υπουργείον Θρησκευμάτων και Εθνικής Παιδείας, 1946:Πρόλογος). Τεκμηριώνεται ότι η πολεμική βία δεν περιορίστηκε σε τυχαίες φθορές, αλλά περιέλαβε συνειδητές πρακτικές αφαίρεσης ή και μη παράδοσης ανασκαφικών ευρημάτων στην ελληνική αρχαιολογική υπηρεσία, λεηλασίας μουσείων και παράνομων μεταφορών αρχαιοτήτων στο εξωτερικό (Υπουργείον Θρησκευμάτων και Εθνικής Παιδείας, 1946). Η ελληνική περίπτωση επιβεβαιώνει ότι η πολιτιστική κληρονομιά μπορεί να μετατραπεί σε αντικείμενο συστηματικής κατοχικής εκμετάλλευσης, διοικητικής αυθαιρεσίας και συμβολικής υποταγής (Υπουργείον Θρησκευμάτων και Εθνικής Παιδείας, 1946).

Πέρα από τις άμεσες συνθήκες του πολέμου, η στοχευμένη καταστροφή μνημείων συνδέεται συχνά με εθνικισμό, θρησκευτικό φανατισμό και πολιτισμική αλαζονεία. Σε

αυτές τις περιπτώσεις, τα μνημεία αντιμετωπίζονται ως σύμβολα «αντίπαλων» ταυτοτήτων και καταστρέφονται για να διαγραφεί η πολιτισμική πολυφωνία και να επιβληθεί μία μονοδιάστατη ιστορική αφήγηση (Bevan, 2006:24-27). Η πρακτική αυτή έχει αναγνωριστεί διεθνώς ως μορφή «πολιτιστικής κάθαρσης» (cultural cleansing), που περιγράφει τη συστηματική προσβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς ως μέσου αποσταθεροποίησης κοινοτήτων και εξάλειψης των συμβόλων τους (UNESCO, 2017).

Οι επιπτώσεις των ένοπλων και ιδεολογικών συγκρούσεων στα πολιτιστικά μνημεία είναι συχνά μη αναστρέψιμες και υπερβαίνουν την απώλεια της υλικής τους υπόστασης. Μαζί με το μνημείο πλήττεται η συλλογική μνήμη, διαρρηγνύεται η πολιτισμική συνέχεια και υπονομεύεται η δυνατότητα μεταπολεμικής κοινωνικής και πολιτισμικής αποκατάστασης (Bevan, 2006:28-31).

2.4.β Εγκληματικές και παράνομες δραστηριότητες εις βάρος της πολιτιστικής κληρονομιάς

Οι εγκληματικές και παράνομες δραστηριότητες αποτελούν μία από τις πλέον διαδεδομένες και διαχρονικές ανθρωπογενείς απειλές για την πολιτιστική κληρονομιά (Gill and Chippindale, 1993:603-607). Σε αντίθεση με τις καταστροφές που συνδέονται με ένοπλες συγκρούσεις, οι παράνομες ενέργειες εις βάρος πολιτιστικών μνημείων και αγαθών χαρακτηρίζονται από μακροχρόνια, συστηματική δράση και ένταξη σε οργανωμένα δίκτυα εγκληματικότητας (Gill and Chippindale, 1993:603-607).

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει παράνομες ανασκαφές, λεηλασίες αρχαιολογικών χώρων, κλοπές από μουσεία, θρησκευτικά μνημεία και ιδιωτικές συλλογές, καθώς και παράνομη διακίνηση πολιτιστικών αντικειμένων μέσω της διεθνούς αγοράς τέχνης (Brodie et al., 2000:8-13). Αν και στοχεύουν κυρίως στο οικονομικό όφελος, οι επιπτώσεις τους υπερβαίνουν τη χρηματική αξία, καθώς συνεπάγονται απώλεια του αρχαιολογικού και ιστορικού πλαισίου, αλλοίωση της επιστημονικής γνώσης και διάρρηξη της πολιτισμικής συνέχειας (Brodie et al., 2000:10-19).

Οι εγκληματικές δραστηριότητες εις βάρος της πολιτιστικής κληρονομιάς ενισχύονται σε περιόδους πολιτικής αστάθειας, πολεμικών συγκρούσεων ή θεσμικής αποδυνάμωσης (Gerstenblith, 2025). Η απουσία αποτελεσματικής φύλαξης και ελέγχου

δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για οργανωμένα κυκλώματα αρχαιοκαπηλίας, τα οποία εκμεταλλεύονται την αδυναμία των κρατικών μηχανισμών και τη συνεχή ζήτηση της διεθνούς αγοράς τέχνης.

Η καταστροφή ιστορικών μασωλείων και σπάνιων χειρογράφων στο Τιμπουκτού το 2012, όταν εξτρεμιστικές ομάδες κατέστρεψαν 14 από τα 16 μασωλεία Αγίων και περίπου 4.200 αρχαία χειρόγραφα κάηκαν ή κλάπηκαν, αποτελεί ενδεικτική περίπτωση ιδεολογικά υποκινούμενης καταστροφής πολιτιστικής κληρονομιάς (UNESCO World Heritage Centre, 2015). Οι επιθέσεις αυτές ερμηνεύτηκαν ως στοχευμένη προσπάθεια εξάλειψης πολιτιστικών και θρησκευτικών αναφορών, οδήγησαν στην εγγραφή της πόλης στον Κατάλογο Μνημείων Παγκόσμιας Κληρονομιάς σε Κίνδυνο και στην ποινική δίωξη του υπεύθυνου από το Διεθνές Ποινικό Δικαστήριο ως έγκλημα πολέμου (UNESCO World Heritage Centre, 2015).

Αντίστοιχα, στον εμφύλιο πόλεμο της Συρίας παρατηρήθηκε συστηματική λεηλασία αρχαιολογικών χώρων και μνημείων, με χρήση βαρέος εξοπλισμού και καταστροφικών μεθόδων, οδηγώντας σε ανεπανόρθωτη απώλεια πολιτιστικών δεδομένων (UNESCO, 2016·UN Security Council, 2017). Ιδιαίτερα τραυματικές υπήρξαν οι καταστροφές στην αρχαία Παλμύρα, όπου μνημεία όπως ο Ναός του Βάαλ και ο Τρίφωνος Κίονας καταστράφηκαν ή υπέστησαν εκτεταμένες φθορές (UNESCO, 2016).

Η συστηματική λεηλασία πολιτιστικών αγαθών σε συνθήκες σύγκρουσης δεν αποτελεί νέο φαινόμενο. Κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η ναζιστική Γερμανία ανέπτυξε εκτεταμένο πρόγραμμα αρπαγής έργων τέχνης μέσω της υπηρεσίας «Einsatzstab Rosenberg» (International Military Tribunal, 1947:59,241,295). Εκατοντάδες χιλιάδες έργα αφαιρέθηκαν από μουσεία, θρησκευτικά ιδρύματα και ιδιωτικές συλλογές, συμπεριλαμβανομένων συλλογών εβραϊκών κοινοτήτων (Choi, 2005:167), αναδεικνύοντας ότι η λεηλασία μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως μέσο οικονομικού οφέλους αλλά και ως εργαλείο ιδεολογικής κυριαρχίας και εξάλειψης πολιτισμικής ταυτότητας.

Παράλληλα με τις άμεσες καταστροφές, καταγράφηκαν εκτεταμένες παράνομες διακινήσεις αρχαιοτήτων από αρχαιολογικούς χώρους προς τη διεθνή αγορά, που συχνά

χρηματοδότησαν ένοπλες ομάδες και παράνομα δίκτυα (Brodie et al., 2000:19-23). Η πρακτική αυτή δείχνει τη στενή διασύνδεση μεταξύ αρχαιοκαπηλίας, οργανωμένου εγκλήματος και χρηματοδότησης τρομοκρατικών δραστηριοτήτων, καθώς περιοχές σε σύγκρουση μετατράπηκαν σε πηγές αντικειμένων μεγάλης αξίας που εξήχθησαν παράνομα (Brodie et al., 2000:13-18).

Στον 21ο αιώνα, η παράνομη διακίνηση πολιτιστικών αγαθών αποκτά νέες διαστάσεις μέσω διαδικτύου και ψηφιακών πλατφορμών. Η διεθνής αγορά τέχνης επεκτείνεται σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα, όπου διαδικτυακές δημοπρασίες και πλατφόρμες πώλησης επιτρέπουν την απόκτηση αρχαιοτήτων με περιορισμένο έλεγχο προέλευσης. Η ανωνυμία συναλλαγών και η δυσκολία ελέγχου αυθεντικότητας και νομιμότητας ενισχύουν τη δράση κυκλωμάτων αρχαιοκαπηλίας, καθιστώντας το διαδίκτυο έναν από τους πλέον αναπτυσσόμενους δρόμους παράνομης διακίνησης (Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού, 2012:37-38).

Η απώλεια αυτών των αγαθών δεν αφορά μόνο τη φυσική φθορά ή εξαφάνιση, αλλά και την αποκοπή τους από τη συνολική ιστορική και αρχαιολογική τους συνάφεια, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η επιστημονική μελέτη και ερμηνεία. Επιπλέον, η καταστροφή και διασπορά πολιτιστικών δεδομένων έχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στη συλλογική μνήμη, την τοπική ταυτότητα και τη δυνατότητα κοινωνικής αποκατάστασης μετά τη σύγκρουση (UN Security Council, 2017).

Η παράνομη διακίνηση πολιτιστικών αγαθών συνδέεται άμεσα και με ζητήματα ηθικής, νομιμότητας και πολιτιστικής δικαιοσύνης, όπως δείχνει η διεθνής συζήτηση για τον επαναπατρισμό πολιτιστικών αντικειμένων. Εμβληματική είναι η υπόθεση των Γλυπτών του Παρθενώνα, η οποία έχει συμβάλει καθοριστικά στη διαμόρφωση του σύγχρονου λόγου περί ιδιοκτησίας, πολιτιστικών δικαιωμάτων και ιστορικής ευθύνης των μουσείων (Υπουργείο Πολιτισμού, 2025).

Πέρα από τις περιπτώσεις λεηλασίας και αρχαιοκαπηλίας, καταγράφονται εγκληματικές ενέργειες και σε μεγάλα μουσειακά ιδρύματα υψηλού επιπέδου ασφάλειας. Ενδεικτική περίπτωση αποτελεί η κλοπή της Μόνα Λίζα από το Μουσείο του Λούβρου το 1911 από τον Βιντσέντσο Περούτζια, τεχνίτη του μουσείου, που εκμεταλλεύτηκε την

εσωτερική πρόσβαση για να αφαιρέσει το έργο (Staveley-Wadham, 2023). Η υπόθεση ανέδειξε τις αδυναμίες των συστημάτων ασφαλείας ακόμη και σε κορυφαία μουσεία και οδήγησε στη θέσπιση αυστηρότερων πρωτοκόλλων φύλαξης κατά τον 20ό αιώνα (Staveley-Wadham, 2023).

Τα περιστατικά δείχνουν ότι η εγκληματική δραστηριότητα εις βάρος της πολιτιστικής κληρονομιάς δεν περιορίζεται σε εμπόλεμες ζώνες ή περιοχές χαμηλής θεσμικής προστασίας, αλλά αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο που αφορά και ανεπτυγμένα πολιτιστικά ιδρύματα. Οι επιπτώσεις είναι συχνά μη αναστρέψιμες. Πέρα από τη φυσική απώλεια ή φθορά, προκαλείται σοβαρή βλάβη στη γνώση και στην έρευνα, καθώς χάνεται η δυνατότητα ερμηνείας των ευρημάτων στην αρχική τους θέση. Η αντιμετώπιση του φαινομένου απαιτεί συντονισμένη δράση σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς και αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων για ανίχνευση, τεκμηρίωση και πρόληψη της παράνομης διακίνησης πολιτιστικών αγαθών.

2.4.γ. Αμέλεια, κακή διαχείριση και θεσμικές αστοχίες ως ανθρωπογενείς απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία

Η αμέλεια, η κακή διαχείριση και οι θεσμικές αστοχίες αποτελούν από τις συνηθέστερες ανθρωπογενείς απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία. Σε αντίθεση με τις καταστροφές από πολέμους ή εγκληματικές ενέργειες, που έχουν συνήθως άμεσο χαρακτήρα, οι παράγοντες αυτοί δρουν σταδιακά και σωρευτικά, οδηγώντας σε υποβάθμιση, φθορά ή ακόμη και απώλεια της πολιτιστικής κληρονομιάς (Feilden, 2003:31).

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται η έλλειψη συστηματικής συντήρησης, η ανεπαρκής φύλαξη, η απουσία προληπτικών μέτρων προστασίας, καθώς και διοικητικές παραλείψεις στον σχεδιασμό και την εφαρμογή πολιτικών πολιτιστικής διαχείρισης. Συχνά συνδέονται με περιορισμένους οικονομικούς πόρους, ανεπαρκή στελέχωση, ελλείψεις τεχνογνωσίας ή κατακερματισμό αρμοδιοτήτων μεταξύ φορέων (Matero, 2000:5-7).

Δείγμα γραφής ακατάλληλων επεμβάσεων προέρχεται από την Ακρόπολη Αθηνών, όπου τη δεκαετία του 1930 ο καθηγητής Μπαλάνος προχώρησε σε συντηρήσεις με υλικά και μεθόδους που σήμερα θεωρούνται επιβλαβείς, όπως η χρήση τσιμέντου σε αρχαίες

κατασκευές (Μπαλάνος, 1935). Παρότι έγιναν με πρόθεση προστασίας, η περιορισμένη τεχνολογία και γνώση για τα υλικά οδήγησαν σε μακροχρόνιες φθορές και δυσχέρειες σε μεταγενέστερες επεμβάσεις (Feilden, 2003:3). Παράλληλα, η έλλειψη συντονισμένης διαχείρισης και ελέγχου πρόσβασης ευνοεί βανδαλισμούς, κλοπές ή μη εξουσιοδοτημένες παρεμβάσεις (ICOMOS, 1964).

Ενδεικτικό παράδειγμα συνεπειών αμέλειας και ανεπαρκούς διαχείρισης αποτελεί η πυρκαγιά στο Εθνικό Μουσείο της Βραζιλίας το 2018, η οποία κατέστρεψε μεγάλο μέρος των συλλογών (Araújo, 2019). Η πυρκαγιά οδήγησε στην ολοκληρωτική καταστροφή του κτιρίου, κτισμένο στις αρχές του 19ου αιώνα, ενώ χάθηκε πάνω από το 90% των περίπου 20 εκατομμυρίων αντικειμένων και τεκμηρίων που φιλοξενούσε (Ferreira, 2019:1). Ανάμεσα στις απώλειες ήταν η σπουδαία αιγυπτιακή συλλογή του, καθώς και ορισμένα από τα αρχαιότερα ανθρώπινα κατάλοιπα που έχουν εντοπιστεί στην αμερικανική ήπειρο (Ferreira, 2019:1). Διεθνείς αναφορές συνέδεσαν την καταστροφή με χρόνια υποχρηματοδότηση, ελλιπή συντήρηση των εγκαταστάσεων και απουσία σύγχρονων συστημάτων πυροπροστασίας (Araújo, 2019). Ανάλογα, η κατάρρευση τμημάτων της Πομπηίας το 2010 και 2012 ανέδειξε τις επιπτώσεις ανεπαρκούς συντήρησης και γραφειοκρατικών καθυστερήσεων στη λήψη μέτρων, παρά το καθεστώς Μνημείου Παγκόσμιας Κληρονομιάς (UNESCO, 2011a).

Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν ότι η αμέλεια και η κακή διαχείριση δεν είναι δευτερεύοντες κίνδυνοι, αλλά βασικοί παράγοντες που υπονομεύουν την αποτελεσματικότητα κάθε συστήματος προστασίας. Η αντιμετώπισή τους προϋποθέτει προληπτική προσέγγιση στη διαχείριση των πολιτιστικών μνημείων. Η αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων, όπως συστήματα συνεχούς παρακολούθησης, ανάλυση δεδομένων και εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στον έγκαιρο εντοπισμό κινδύνων, στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης και στη μείωση της εξάρτησης από τον ανθρώπινο παράγοντα.

2.4.δ. Περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές πιέσεις ανθρωπογενούς προέλευσης ως απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία

Οι περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές πιέσεις ανθρωπογενούς προέλευσης συνιστούν μία από τις πλέον σύνθετες και πολυπαραγοντικές απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία. Αν και συχνά εκλαμβάνονται ως έμμεσοι ή δευτερογενείς κίνδυνοι, οι επιπτώσεις μπορεί να είναι ιδιαίτερα σοβαρές και μακροχρόνιες, επηρεάζοντας τόσο τη φυσική ακεραιότητα των μνημείων όσο και την ευρύτερη περιοχή τους (Brimblecombe, 1990:43).

Ειδικότερα, εκδηλώνονται μέσω φαινομένων όπως η ατμοσφαιρική και βιομηχανική ρύπανση, η ανεξέλεγκτη αστική ανάπτυξη, η τουριστική υπερφόρτωση και οι ενισχυμένες από ανθρώπινες δραστηριότητες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Οι παράγοντες αυτοί δρουν συχνά συνδυαστικά, επιταχύνοντας τις διαδικασίες φθοράς και δυσχεραίνοντας τη μακροπρόθεσμη διατήρηση των μνημείων (Hollesen et al., 2018:576-580).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες υποβάθμισης της υλικής υπόστασης, ιδίως σε αστικά και βιομηχανικά περιβάλλοντα (Camuffo, 2019:125-132). Ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλουν στη χημική διάβρωση λίθινων, μαρμάρινων και μεταλλικών επιφανειών, προκαλώντας σταδιακή απώλεια μορφολογικών και διακοσμητικών στοιχείων (Camuffo, 2019:125-132). Η μακροχρόνια έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε μόνιμες αλλοιώσεις, ακόμη και σε μνημεία με βασικά μέτρα προστασίας (UNESCO World Heritage Centre, 2016).

Παράλληλα, η ανεξέλεγκτη ή κακώς σχεδιασμένη αστική ανάπτυξη απειλεί την ακεραιότητα και την αυθεντικότητα των μνημείων. Οι παρεμβάσεις στο τοπίο και η αλλοίωση της ιστορικής φυσιογνωμίας περιοχών πολιτιστικού ενδιαφέροντος διαταράσσουν τη χωρική και αισθητική συνοχή και μπορούν να προκαλέσουν άμεσες δομικές βλάβες μέσω δονήσεων, μεταβολών στάθμης υδάτων ή αλλαγών μικροκλίματος (Pendlebury, 2009:2-6). Ιδιαίτερη πρόκληση αποτελεί η τουριστική υπερφόρτωση, ιδίως σε μνημεία υψηλής επισκεψιμότητας. Η συνεχής παρουσία μεγάλου αριθμού επισκεπτών επιβαρύνει τα μνημεία με μηχανική φθορά, αύξηση υγρασίας και μεταβολές θερμοκρασίας,

ενώ η πίεση για νέες υποδομές οδηγεί συχνά σε μη βιώσιμες παρεμβάσεις (ICOMOS, 2011).

Η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει περαιτέρω τις πιέσεις. Άνοδος θερμοκρασίας, ακραία καιρικά φαινόμενα, αύξηση στάθμης θαλασσών και μεταβολές υγρασίας επηρεάζουν άμεσα τη σταθερότητα και τη διατήρηση μνημείων (UNESCO, 2011). Σύμφωνα με έκθεση της UNESCO, μνημεία σε παράκτια ή υγροτοπικά μέρη αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο διάβρωσης και υποχώρησης εδαφών (UNESCO World Heritage Centre, 2016).

Ενδεικτικό παράδειγμα επιπτώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι τα μάρμαρα της Ακρόπολης, όπου μελέτες έχουν δείξει ότι το διοξείδιο του θείου και άλλοι ρύποι προκαλούν χημική διάβρωση ασβεστόλιθων, σχηματισμό γύψου και μηχανικές φθορές μέσω οξείδωσης μεταλλικών συνδέσμων, επιδεινούμενες από μικροοργανισμούς και υγρασία (Σκουλικίδης, 2011).

Ένα διεθνώς αναγνωρισμένο παράδειγμα μνημείου που υφίσταται έντονες περιβαλλοντικές και ανθρώπινες πιέσεις είναι το Σινικό Τείχος της Κίνας. Υπολογίζεται ότι μόνο 8,2% του τείχους είναι καλά διατηρημένο, ενώ 74,1% είναι σημαντικά φθαρμένο, λόγω συνδυασμού διαβρωτικών φυσικών φαινομένων (έντονες βροχοπτώσεις, συνεχή έκθεση σε καιρικές συνθήκες) και ανθρώπινων παρεμβάσεων, όπως η αφαίρεση δομικών υλικών από κατοίκους και επισκέπτες παρά τις απαγορεύσεις (Xu et al., 2024; Du et al., 2022). Η μελέτη δείχνει ότι ακόμη και μνημεία παγκόσμιας εμβέλειας αντιμετωπίζουν σύνθετες πιέσεις, που καθιστούν αναγκαία τη συνεχή επιστημονική παρακολούθηση και συστηματική διαχείριση κινδύνων.

Η Βενετία αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση αλληλεπίδρασης ανθρωπογενών πιέσεων και περιβαλλοντικών αλλαγών. Ο συνδυασμός υπερτουρισμού και ανόδου της στάθμης της θάλασσας λόγω κλιματικής αλλαγής έχει οδηγήσει την UNESCO να εκπέμψει «σήμα κινδύνου» και να προτείνει την ένταξη της πόλης στον κατάλογο Μνημείων Παγκόσμιας Κληρονομιάς σε Κίνδυνο, επισημαίνοντας την ανεπάρκεια των υφιστάμενων μέτρων και την ανάγκη στρατηγικού οράματος (UNESCO World Heritage Centre, 2016:16). Τα γεγονότα δείχνουν πώς οι ανθρωπογενείς πιέσεις, σε συνδυασμό με την

κλιματική αλλαγή, μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο ολόκληρους ιστορικούς ιστούς πόλεων υψηλής πολιτιστικής αξίας.

Οι περιπτώσεις αυτές καταδεικνύουν ότι οι περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές πιέσεις ανθρωπογενούς προέλευσης δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν αποσπασματικά. Απαιτούνται ολοκληρωμένες στρατηγικές που συνδυάζουν χωρικό σχεδιασμό, περιβαλλοντική πολιτική, πολιτιστική διαχείριση και τεχνολογική καινοτομία. Η αξιοποίηση συστημάτων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων, γεωχωρικής ανάλυσης και εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην έγκαιρη ανίχνευση κινδύνων και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βιώσιμη προστασία των πολιτιστικών μνημείων (Ferreira-Lopes, 2018:169-175).

2.4.ε Ατυχήματα και τεχνολογικές αστοχίες ως ανθρωπογενείς απειλές για τα πολιτιστικά μνημεία

Τα ατυχήματα και οι τεχνολογικές αστοχίες συνιστούν ιδιαίτερη κατηγορία ανθρωπογενών απειλών για τα πολιτιστικά μνημεία, καθώς δεν απορρέουν απαραίτητα από πρόθεση καταστροφής, αλλά από ανθρώπινα λάθη, αποτυχίες τεχνικών συστημάτων ή ανεπαρκή διαχείριση σύνθετων υποδομών (ICCROM and Prince Claus Fund for Culture and Development, 2018). Παρότι συχνά εκλαμβάνονται ως τυχαία ή μεμονωμένα γεγονότα, οι συνέπειές τους μπορεί να είναι εκτεταμένες και σε ορισμένες περιπτώσεις καθοριστικές, επηρεάζοντας τόσο τη φυσική υπόσταση των μνημείων όσο και το συνοδευτικό αρχαιολογικό και ερευνητικό υλικό τους. Σε αντίθεση με την αμέλεια ή τις θεσμικές αστοχίες, που δρουν σωρευτικά, οι τεχνολογικές αστοχίες εκδηλώνονται συχνά ως αιφνίδια γεγονότα υψηλής έντασης, με άμεσες και εκτεταμένες συνέπειες (Jokilehto, 2006:1-16).

Σε αυτή την τάξη εντάσσονται πυρκαγιές, διαρροές νερού, αστοχίες ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, αποτυχίες συστημάτων κλιματισμού και ελέγχου υγρασίας, καθώς και τεχνικά σφάλματα κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης ή αποκατάστασης. Συχνά συνδέονται με παλαιωμένες υποδομές, ελλιπή προληπτική συντήρηση και απουσία ολοκληρωμένων πρωτοκόλλων διαχείρισης κινδύνου (ICOMOS, 1999·Stovel, 1998:95-99).

Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η πυρκαγιά στον καθεδρικό ναό της Παναγίας των Παρισίων (Notre-Dame) τον Απρίλιο του 2019 (UNESCO, 2019-Ferreira, 2019). Η φωτιά, που εκδηλώθηκε κατά τη διάρκεια εργασιών αποκατάστασης, οδήγησε στην κατάρρευση του κεντρικού κωδωνοστασίου και στην εκτεταμένη καταστροφή της ιστορικής ξύλινης στέγης, η οποία είχε αντέξει επί περισσότερα από 850 χρόνια (Ferreira, 2019). Το περιστατικό ανέδειξε τους κινδύνους των τεχνικών παρεμβάσεων σε μνημεία μεγάλης ιστορικής και κατασκευαστικής πολυπλοκότητας και την ανάγκη αυστηρών μέτρων ασφαλείας, ελέγχου εργοταξίων και συνεχούς επιτήρησης κατά τη διάρκεια εργασιών (Ferreira, 2019).

Πέρα από συμβάντα όπως οι πυρκαγιές, ιδιαίτερη σημασία έχουν λιγότερο ορατές τεχνολογικές αστοχίες που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές. Ενδεικτικό είναι το περιστατικό διαρροής νερού στη βιβλιοθήκη του Μουσείου του Λούβρου το 2025, που προκλήθηκε από τεχνικό σφάλμα σε υδραυλικό σύστημα συνδεδεμένο με τον εξοπλισμό θέρμανσης και εξαερισμού. Το γεγονός οδήγησε σε φθορά εκατοντάδων βιβλίων και ερευνητικών τεκμηρίων, της Αιγυπτιολογίας, αναδεικνύοντας ότι οι τεχνολογικές αστοχίες απειλούν όχι μόνο τα εκθέματα, αλλά και κρίσιμα στοιχεία επιστημονικής γνώσης και τεκμηρίωσης (Lawrence, 2026).

Τα γεγονότα αυτά δείχνουν ότι τα ατυχήματα και οι τεχνολογικές αστοχίες δεν είναι δευτερεύουσες ή σπάνιες απειλές, αλλά ενδογενείς κίνδυνοι που συνδέονται με τη λειτουργία και διαχείριση πολιτιστικών οργανισμών και μνημείων. Η πρόληψή τους απαιτεί μετάβαση από απλή διαχείριση κρίσεων σε συστηματική, προληπτική και τεχνοκεντρική στρατηγική προστασίας. Η αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών παρακολούθησης, όπως αισθητήρες καπνού, θερμοκρασίας και υγρασίας, συστήματα έγκαιρης ανίχνευσης διαρροών και προγνωστικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στον εντοπισμό τεχνικών ανωμαλιών πριν εξελιχθούν σε καταστροφικά γεγονότα για την πολιτιστική κληρονομιά.

2.5 Η ανάγκη για ψηφιακή προστασία και βιώσιμη διαχείριση των πολιτιστικών μνημείων

Η πολυπλοκότητα και η ποικιλομορφία των ανθρωπογενών απειλών που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες καταδεικνύουν ότι η προστασία των

πολιτιστικών μνημείων δεν μπορεί πλέον να βασίζεται σε αποσπασματικές ή αμιγώς αντιδραστικές πρακτικές (ICCROM et al., 2010·UNESCO World Heritage Centre, 2008). Οι παραδοσιακές μέθοδοι φύλαξης, συντήρησης και διοικητικής διαχείρισης, παρότι παραμένουν θεμελιώδεις, αποδεικνύονται ανεπαρκείς απέναντι σε σύνθετους, δυναμικούς και συχνά «αόρατους» κινδύνους που παράγονται από σύγχρονες κοινωνικές, οικονομικές, τεχνολογικές και πολιτικές διεργασίες (Feilden and Jokilehto, 1998:41-44·Bevan, 2006:7-12).

Οι ανθρωπογενείς κίνδυνοι για τα μνημεία χαρακτηρίζονται από αλληλεξάρτηση, δυνατότητα ταχείας κλιμάκωσης και σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας ως προς τον χρόνο, τον τρόπο και την ένταση εκδήλωσής τους, γεγονός που δυσχεραίνει την έγκαιρη αναγνώρισή τους μέσω αποκλειστικά συμβατικών μέσων επιτήρησης ή θεσμικού ελέγχου (Stovel, 1998:13-21·ICCROM and Prince Claus Fund, 2018). Η εξέλιξη της διεθνούς θεωρίας και πρακτικής διαχείρισης κινδύνων στην πολιτιστική κληρονομιά έχει, συνεπώς, αναδείξει την ανάγκη μετάβασης από μια αποσπασματική, αντιδραστική λογική σε μια προληπτική, ολιστική και βασισμένη σε δεδομένα προσέγγιση (Jigyasu, 2013:23-27·UNESCO, 2015).

Η ψηφιακή τεχνολογία δημιουργεί νέες δυνατότητες για την προστασία και βιώσιμη διαχείριση των μνημείων, επιτρέποντας συνεχή παρακολούθηση, συστηματική τεκμηρίωση και έγκαιρη ανίχνευση μεταβολών στην κατάστασή τους και στο περιβάλλον τους (Agariou et al., 2015:230-231·Perles et al., 2024:1-3). Η έννοια της ψηφιακής προστασίας δεν εξαντλείται στην ψηφιοποίηση αρχείων ή την παραγωγή ψηφιακών αναπαραστάσεων, αλλά περιλαμβάνει την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, τα οποία υποστηρίζουν σε μόνιμη βάση τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς (UNESCO World Heritage Centre, 2016·Ferreira-Lopes, 2018:169-172).

Μέσω έξυπνων ψηφιακών εργαλείων καθίσταται δυνατή η συγκέντρωση και διασύνδεση διαφορετικών τύπων πληροφοριών, όπως μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων, δεδομένα χρήσης και επισκεψιμότητας, οπτική τεκμηρίωση φθοράς, γεωχωρικά δεδομένα και ιστορικά αρχεία, τα οποία έως πρόσφατα αντιμετωπίζονταν αποσπασματικά (Gokhale et al., 2018:41-43·Camuffo, 2019:359-365). Η ανάλυση αυτών

των δεδομένων επιτρέπει την αναγνώριση μοτίβων κινδύνου, τη διάγνωση τάσεων επιδείνωσης και την αξιολόγηση της επίδρασης διαφορετικών ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στα μνημεία, ενισχύοντας την ικανότητα έγκαιρης πρόληψης και στοχευμένης παρέμβασης (Boesgaard et al., 2022:3·UK National Commission for UNESCO and PRAXIS, 2021).

Η συστηματική αξιοποίηση τέτοιων τεχνολογιών συνδέεται άμεσα με τη λογική της βιώσιμης διαχείρισης, καθώς διευκολύνει τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό, τη βέλτιστη κατανομή περιορισμένων πόρων και την ισορροπία ανάμεσα στην προστασία και στη χρήση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Feilden, 2003:3·ICOMOS Sustainable Development Goals Working Group, 2019). Μέσα από την υποστήριξη προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης, την αξιολόγηση σεναρίων παρέμβασης και την αποτύπωση των συνεπειών επιλογών χωρικού σχεδιασμού ή τουριστικής ανάπτυξης, τα ψηφιακά εργαλεία συμβάλλουν στη μείωση του κόστους, στη διαφάνεια των αποφάσεων και στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας των μνημείων απέναντι σε ανθρωπογενείς πιέσεις (UNESCO World Heritage Centre, 2016·ICOMOS και ICCROM, 2024).

Επομένως, η ενσωμάτωση ψηφιακών και έξυπνων τεχνολογιών στα συστήματα διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς αναδεικνύεται σε βασική προϋπόθεση για τη διαμόρφωση σύγχρονων, ολιστικών και προληπτικών στρατηγικών προστασίας από ανθρωπογενείς κινδύνους, οι οποίες υπερβαίνουν τα όρια των παραδοσιακών εργαλείων και πρακτικών (European Commission, 2020·UNESCO, 2023).

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικό πλαίσιο και τεχνολογικές προσεγγίσεις

3.1 Οι τρεις άξονες προστασίας των πολιτιστικών μνημείων

Η αποτελεσματική προστασία των πολιτιστικών μνημείων απέναντι σε ανθρωπογενείς καταστροφές προϋποθέτει ολιστική και πολυεπίπεδη προσέγγιση, οργανωμένη γύρω από τρεις αλληλοσυμπληρούμενους άξονες, ανίχνευση, πρόληψη και αντιμετώπιση (Stovel, 1998:25-27). Οι άξονες αυτοί συνδέονται στενά και συγκροτούν ένα ενιαίο σύστημα διαχείρισης, στο οποίο κάθε στάδιο υποστηρίζει και ενισχύει τα υπόλοιπα (Stovel, 1998:25-27).

Η ανίχνευση αφορά τον έγκαιρο εντοπισμό ενδείξεων κινδύνου, φθοράς ή ανωμαλιών που μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφή ή σε σταδιακή υποβάθμιση ενός μνημείου. Δεν περιορίζεται στην παρατήρηση εμφανών βλαβών, αλλά περιλαμβάνει την αναγνώριση πρώιμων, συχνά δυσδιάκριτων μεταβολών που σχετίζονται με τη δομική συμπεριφορά, το μικροκλίμα, την ανθρώπινη δραστηριότητα ή την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Βασίζεται στη συστηματική συλλογή και συνεχή παρακολούθηση δεδομένων, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για τεκμηριωμένη αξιολόγηση της κατάστασης των μνημείων (Stovel, 1998:26-27).

Η πρόληψη αξιοποιεί τη γνώση που προκύπτει από την ανίχνευση, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα εκδήλωσης μιας καταστροφής ή να περιοριστούν οι επιπτώσεις της πριν αυτή συμβεί. Σε αυτή τη λογική εντάσσονται η προληπτική συντήρηση, η διαχείριση της ανθρώπινης παρουσίας, η πρόβλεψη μελλοντικών φθορών και η αξιολόγηση κινδύνων με βάση ιστορικά και τρέχοντα δεδομένα. Έτσι, το βάρος μετατοπίζεται από την εκ των υστέρων αποκατάσταση στη μείωση της έκθεσης των μνημείων σε επικίνδυνες συνθήκες, συμβάλλοντας στη μακροχρόνια διατήρησή τους (Jigyasu, 2013:24-29,46-47).

Η αντιμετώπιση αναφέρεται στις ενέργειες μετά την εκδήλωση μιας καταστροφής, με στόχο τον περιορισμό των άμεσων συνεπειών και την αποκατάσταση της λειτουργικής και πολιτιστικής αξίας του μνημείου. Περιλαμβάνει άμεσες παρεμβάσεις έκτακτης ανάγκης και μακροπρόθεσμες διαδικασίες αποκατάστασης. Η σύγχρονη προσέγγιση ενσωματώνει την ψηφιακή τεκμηρίωση, την ανάλυση αιτίων και την αξιοποίηση της εμπειρίας, ώστε κάθε καταστροφή να λειτουργεί ως αφορμή βελτίωσης των πρακτικών ανίχνευσης και πρόληψης (ICOMOS and ICCROM, 2024:7-13).

Η ενιαία προσέγγιση των τριών αξόνων είναι κρίσιμη. Η απουσία ανίχνευσης οδηγεί σε καθυστερημένες παρεμβάσεις, η έλλειψη πρόληψης αυξάνει την πιθανότητα καταστροφών, ενώ η ανεπαρκής αντιμετώπιση υπονομεύει τη μακροχρόνια βιωσιμότητα των μνημείων (Jigyasu, 2013:46-47). Η εφαρμογή τους επιτρέπει τη μετάβαση σε πιο σύγχρονες, ανθεκτικές και τεχνολογικά υποστηριζόμενες στρατηγικές διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς.

3.2 Τεχνολογίες ανίχνευσης

Η ανίχνευση αποτελεί τον πρώτο και καθοριστικό άξονα στην προστασία των πολιτιστικών μνημείων, καθώς συνδέεται άμεσα με την έγκαιρη αναγνώριση κινδύνων και φθορών πριν αυτές εξελιχθούν σε μη αναστρέψιμες καταστάσεις. Οι σύγχρονες τεχνολογίες ανίχνευσης υπερβαίνουν τις παραδοσιακές μεθόδους οπτικής επιθεώρησης και αποσπασματικής παρακολούθησης, επιτρέποντας τη συστηματική, συνεχή και πολυπαραμετρική συλλογή δεδομένων από τα μνημεία και το περιβάλλον τους.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτούν τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, η υπολογιστική όραση, τα δίκτυα έξυπνων αισθητήρων και τα μη επανδρωμένα συστήματα, οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά και δημιουργούν ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα ανίχνευσης κινδύνων.

3.2.1 Τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση, τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και βαθιά μάθηση

Ο όρος «τεχνητή νοημοσύνη» (TN–Artificial Intelligence, AI) συνδέεται ιστορικά με το ερευνητικό πρόγραμμα του Dartmouth College το 1956, το οποίο θεωρείται ορόσημο για την εξέλιξη της (McCorduck et al., 1977:953). Τότε ο John McCarthy, μαζί με τους Marvin Minsky, Nathaniel Rochester και Claude Shannon, διατύπωσαν την πρόταση για μια ερευνητική μελέτη αφιερωμένη στην τεχνητή νοημοσύνη, σηματοδοτώντας την πρώτη επίσημη χρήση και καθιέρωση του όρου (McCorduck et al., 1977:953). Στον Marvin Minsky αποδίδεται ένας από τους γνωστότερους ορισμούς, σύμφωνα με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη αφορά την κατασκευή μηχανών που εκτελούν εργασίες οι οποίες, αν

πραγματοποιούνταν από ανθρώπους, θα απαιτούσαν νοημοσύνη (McCorduck et al., 1977:953).

Σήμερα, η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί από τους σημαντικότερους κλάδους της επιστήμης των υπολογιστών και αναφέρεται στην ανάπτυξη συστημάτων που μπορούν να εκτελούν εργασίες συνδεδεμένες με ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες, όπως αναγνώριση προτύπων, εξαγωγή συμπερασμάτων, πρόβλεψη και υποστήριξη λήψης αποφάσεων (Γεωργούλης, 2020:11-12). Επιδιώκεται η ικανότητα των μηχανών να αντιλαμβάνονται, να μαθαίνουν, να αναλύουν δεδομένα και να παίρνουν αποφάσεις με τρόπο που προσομοιάζει την ανθρώπινη λογική ή και να υπερβαίνει ορισμένες ανθρώπινες γνωστικές δυνατότητες (Schank, 1987:59-65· Γεωργούλης, 2020:11-12). Μέσα από την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, η ΤΝ μπορεί να εντοπίζει συσχετίσεις, να αναγνωρίζει αποκλίσεις από τη συνήθη συμπεριφορά και να στηρίζει τη διάγνωση σύνθετων προβλημάτων με υψηλή πληροφοριακή πολυπλοκότητα (Ghahramani, 2015:452-459).

Υποσύνολο της τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί η μηχανική μάθηση (Machine Learning, ML), η οποία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων που επιτρέπουν στα υπολογιστικά συστήματα να βελτιώνουν την απόδοσή τους μέσω εμπειρίας και ανάλυσης δεδομένων, χωρίς ρητό προγραμματισμό για κάθε επιμέρους εργασία (Bell, 2022:207-216). Η μηχανική μάθηση αποτελεί τη βάση της πλειονότητας των σύγχρονων εφαρμογών ΤΝ, όπως η ταξινόμηση εικόνων, η ανάλυση φυσικής γλώσσας και η πρόβλεψη συμπεριφορών (Pang et al., 2021:2-4).

Επιπλέον, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα κατέχουν ιδιαίτερη θέση στη μηχανική μάθηση. Αποτελούν υπολογιστικά μοντέλα εμπνευσμένα από τη δομή και λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, με διασυνδεδεμένους τεχνητούς «νευρώνες» που επεξεργάζονται δεδομένα και προσαρμόζουν τα βάρη των συνδέσεων κατά την εκπαίδευση, αναγνωρίζοντας σύνθετα πρότυπα και υποστηρίζοντας εργασίες ταξινόμησης, πρόβλεψης και ανίχνευσης (Goodfellow et al., 2016:16). Εξειδικευμένη υποκατηγορία μηχανικής μάθησης αποτελεί η βαθιά μάθηση (Deep Learning), η οποία βασίζεται σε πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα και χρησιμοποιείται εκτεταμένα στην ανάλυση εικόνας, στην αναγνώριση προτύπων και στην ανίχνευση σύνθετων χαρακτηριστικών σε μεγάλα σύνολα δεδομένων (Pang et al., 2021:4-7).

Στην πολιτιστική κληρονομιά, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης αποκτούν σημαντικό ρόλο, καθώς επιτρέπουν την επεξεργασία ετερογενών δεδομένων από εικόνες, βίντεο, δορυφορικές απεικονίσεις, αισθητήρες και γεωχωρικά συστήματα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να συμβάλουν στην ανίχνευση βλαβών, στην αναγνώριση ύποπτων μεταβολών, στην έγκαιρη προειδοποίηση και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για την προστασία των μνημείων (Δερμεντζόπουλος & Σουλιώτου, 2025).

Ενδεικτικό παράδειγμα της συμβολής της ΤΝ στην ανίχνευση βλαβών αποτελεί η εφαρμογή βαθιάς μάθησης για αυτόματη ταξινόμηση επιφανειακών φθορών σε ξύλινη αρχιτεκτονική κληρονομιά. Στη μελέτη των Lee και Yu για το Yeongnamnu Pavilion στη Νότια Κορέα, αναπτύχθηκε σύστημα βασισμένο σε συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα για την αναγνώριση βλαβών σε ξύλινα δομικά στοιχεία μέσω ανάλυσης εικόνων (Lee and Yu, 2023:151-152). Δημιουργήθηκε βάση δεδομένων 4.000 εικόνων και εκπαιδεύτηκαν τέσσερα διαφορετικά μοντέλα βαθιάς μάθησης για διάκριση μεταξύ φυσιολογικής και αλλοιωμένης κατάστασης επιφανειών (Lee and Yu, 2023:152-154). Η έρευνα εστίασε σε συχνές μορφές φθοράς, όπως ρωγμές, απολεπίσεις και επιδείνωση υλικού, που αποτελούν πρώιμες ενδείξεις μελλοντικών προβλημάτων (Lee and Yu, 2023:152). Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ υψηλή απόδοση, με το μοντέλο EfficientNetB0 να επιτυγχάνει ακρίβεια 96,50%, γεγονός που καταδεικνύει ότι η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως αξιόπιστο εργαλείο έγκαιρης διάγνωσης βλαβών σε μνημεία (Lee and Yu, 2023:154). Παράλληλα, οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι τέτοιες προσεγγίσεις μπορούν να συμβάλουν στην απομακρυσμένη παρακολούθηση μνημείων, στη συστηματικότερη καταγραφή της κατάστασης διατήρησής τους και στην ενίσχυση της δυνατότητας έγκαιρης επέμβασης σε περιπτώσεις όπου η ανθρώπινη επιθεώρηση δεν είναι συνεχώς εφικτή (Lee and Yu, 2023:155-156).

3.2.2 Υπολογιστική όραση

Η Υπολογιστική Όραση (Computer Vision) αποτελεί εξειδικευμένη εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης, η οποία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη συστημάτων ικανών να επεξεργάζονται, να αναλύουν και να ερμηνεύουν οπτικά δεδομένα, όπως ψηφιακές εικόνες και βίντεο, με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών (Goodfellow et al., 2016:452-

454). Βασικός στόχος είναι η αναπαραγωγή, σε υπολογιστικά συστήματα, λειτουργιών που προσεγγίζουν την ανθρώπινη οπτική αντίληψη, ώστε οι μηχανές να μπορούν όχι μόνο να «βλέπουν», αλλά και να αναγνωρίζουν, να διακρίνουν και να κατανοούν οπτικά πρότυπα και μεταβολές στο περιβάλλον τους (Szeliski, 2022:37,276).

Σε τεχνολογικό επίπεδο, η υπολογιστική όραση περιλαμβάνει εργασίες όπως αναγνώριση και ταξινόμηση αντικειμένων, εντοπισμό της θέσης τους μέσα στην εικόνα, διαχωρισμό εικόνων και αναγνώριση προτύπων ή κινήσεων (Szeliski, 2022:3,279). Ο σκοπός της επεκτείνεται στην κατανόηση του περιεχομένου, δηλαδή στην εξαγωγή χαρακτηριστικών που μπορούν να αξιοποιηθούν σε επόμενα στάδια ανάλυσης, πρόβλεψης, ταξινόμησης ή λήψης αποφάσεων (Goodfellow et al., 2016:453-454).

Τα δεδομένα που παράγονται από συστήματα υπολογιστικής όρασης μπορεί να περιλαμβάνουν περιγραφικές ετικέτες, γεωμετρικές πληροφορίες για τη θέση και τα όρια αντικειμένων, ποσοτικά χαρακτηριστικά, καθώς και αναπαραστάσεις υψηλού επιπέδου που τροφοδοτούν άλλους αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης. Για το λόγο αυτό, η υπολογιστική όραση αποτελεί κρίσιμο συνδετικό κρίκο ανάμεσα στην οπτική τεκμηρίωση και στην αυτοματοποιημένη ανάλυση δεδομένων (Mishra and Lourenço, 2024:536-538).

Στην ανίχνευση κινδύνων σε πολιτιστικά μνημεία, η υπολογιστική όραση επιτρέπει την αυτόματη παρακολούθηση οπτικών ενδείξεων φθοράς, όπως ρωγμές, αποχρωματισμούς, αποκολλήσεις υλικών ή ανομοιομορφίες στην επιφάνεια (Mishra and Lourenço, 2024:536-538). Η αυτοματοποιημένη ανάλυση εικόνων και βίντεο συμβάλλει στην έγκαιρη ειδοποίηση για πιθανές απειλές, καθιστώντας την έναν από τους βασικούς τρόπους εφαρμογής τεχνολογιών ανίχνευσης σε ευρεία κλίμακα (Mishra and Lourenço, 2024:536-538).

Εφαρμογή της υπολογιστικής όρασης στην ανίχνευση φθορών σε πολιτιστικά μνημεία αποτελεί η μελέτη των Bruno, Galantucci και Musicco, οι οποίοι ανέπτυξαν σύστημα βασισμένο σε image-based deep learning για την αυτόματη αναγνώριση μορφών φθοράς σε ιστορικά κτίρια (Bruno et al., 2023:6-17). Η προτεινόμενη μεθοδολογία αξιοποίησε το μοντέλο Mask R-CNN, το οποίο επιτρέπει όχι μόνο τον εντοπισμό περιοχών ενδιαφέροντος μέσα στην εικόνα, αλλά και την ακριβή τμηματοποίησή τους, υποστηρίζοντας έτσι την αναγνώριση συγκεκριμένων αλλοιώσεων στην επιφάνεια

ιστορικών δομών (Bruno et al., 2023:8-10). Η εφαρμογή δοκιμάστηκε σε ετερογενές σύνολο εικόνων από κάστρα, μοναστήρια, αρχοντικά και αγροτικά κτίρια, με έμφαση σε μορφές φθοράς όπως περιοχές υγρασίας και βιολογική προσβολή (Bruno et al., 2023:12-15). Οι ερευνητές καταλήγουν ότι η μέθοδος μπορεί να λειτουργήσει ως απομακρυσμένη και μη παρεμβατική τεχνική επιθεώρησης, υποστηρίζοντας τους ειδικούς στην προκαταρκτική διάγνωση και στην παρακολούθηση της κατάστασης διατήρησης ιστορικών κτιρίων (Bruno et al., 2023:15).

3.2.3 Το διαδίκτυο των πραγμάτων και έξυπνοι αισθητήρες

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things-IoT) αναφέρεται στο δίκτυο φυσικών αντικειμένων που είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες, λογισμικό και δυνατότητες επικοινωνίας, ώστε να συλλέγουν, να μεταδίδουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα με άλλα συστήματα και υπηρεσίες μέσω δικτύων επικοινωνίας. Μέσω της διασύνδεσης, φυσικές συσκευές μετατρέπονται σε «ευφυείς κόμβους» δεδομένων, ικανούς να παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για φυσικά φαινόμενα, μεταβολές του περιβάλλοντος και καταστάσεις λειτουργίας (Rose et al., 2015:12).

Από τεχνολογική σκοπιά, το IoT συγκροτείται από τρία βασικά στοιχεία, αισθητήρες και ενεργοποιητές που μετρούν ή επηρεάζουν φυσικές παραμέτρους, υποδομές συνδεσιμότητας που επιτρέπουν τη μεταφορά δεδομένων και πλατφόρμες αποθήκευσης ή ανάλυσης που διαχειρίζονται και ερμηνεύουν τις μετρήσεις. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να καταγράφουν μεταβλητές όπως θερμοκρασία, υγρασία, δονήσεις, πίεση, ποιότητα αέρα και άλλους περιβαλλοντικούς ή δομικούς δείκτες (Gokhale et al., 2018:41-44).

Στην ανίχνευση κινδύνων στα πολιτιστικά μνημεία, τα δίκτυα έξυπνων αισθητήρων καθιστούν δυνατή τη συνεχή παρακολούθηση περιβαλλοντικών και δομικών παραμέτρων, παράγοντας χρονοσειρές δεδομένων που αποτυπώνουν τη δυναμική εξέλιξη των συνθηκών γύρω από το μνημείο. Τα δεδομένα αξιοποιούνται για την αναγνώριση αποκλίσεων από φυσιολογικές συνθήκες, όπως αύξηση της υγρασίας πέρα από κρίσιμα όρια ή εμφάνιση ασυνήθιστων δονήσεων που ενδέχεται να υποδηλώνουν δομική αστάθεια (Abdul-Qawy et al., 2015:71-82).

Οι έξυπνοι αισθητήρες και τα IoT συστήματα δημιουργούν κυρίως δεδομένα πραγματικού χρόνου και χρονοσειρές, τα οποία αποκτούν ιδιαίτερη αξία όταν συνδυάζονται με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης για την ανάλυση προτύπων, την έγκαιρη προειδοποίηση και την ανίχνευση πιθανών κινδύνων (Gokhale et al., 2018:41-44). Με αυτόν τον τρόπο, το IoT δεν λειτουργεί μόνο ως μέσο συλλογής δεδομένων, αλλά και ως βασικός πυλώνας ολοκληρωμένων συστημάτων έξυπνης παρακολούθησης και πρόληψης (Gokhale et al., 2018:41-44).

Η πρακτική αξία του IoT και των έξυπνων αισθητήρων στη διατήρηση μνημείων αποτυπώνεται στη μελέτη για το μεσαιωνικό San Gimignano της Τοσκάνης, όπου αναπτύχθηκε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για την παρακολούθηση της κατάστασης διατήρησης του πύργου Rognosa σε πραγματικό χρόνο (Mecocci and Abrardo, 2014:770-778). Το σύστημα περιλάμβανε αισθητήρες που κατέγραφαν θερμοκρασία, υγρασία, ρωγμές τοιχοποιίας, βροχόπτωση και ορατό φως, παρέχοντας κρίσιμες πληροφορίες για τη δομική και περιβαλλοντική κατάσταση του μνημείου (Mecocci and Abrardo, 2014:771). Οι συγγραφείς τονίζουν ότι η προσέγγιση αυτή είναι μη παρεμβατική, κατάλληλη για μακροχρόνια χρήση και ικανή να αποστέλλει απομακρυσμένες ειδοποιήσεις όταν παραβιάζονται προκαθορισμένα όρια, υποστηρίζοντας έτσι την έγκαιρη διάγνωση και προστασία ιστορικών κτιρίων (Mecocci and Abrardo, 2014:776-777).

3.2.4 Μη επανδρωμένα συστήματα

Τα μη επανδρωμένα εναέρια συστήματα (Unmanned Aircraft Systems-UAS), ευρύτερα γνωστά ως drones, αποτελούν ολοκληρωμένα επιχειρησιακά συστήματα που περιλαμβάνουν το μη επανδρωμένο αερόχημα (Unmanned Aerial Vehicle-UAV), τον σταθμό ελέγχου εδάφους, τα συστήματα επικοινωνίας και τους ενσωματωμένους αισθητήρες. Ο όρος UAV αναφέρεται ειδικότερα στο αερόχημα, ενώ ο όρος UAS αποδίδει το σύνολο της τεχνολογικής και επιχειρησιακής υποδομής που επιτρέπει την πτήση, τον έλεγχο και την αξιοποίηση των παραγόμενων δεδομένων. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν χωρίς πιλότο επί του αεροσκάφους και μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως ή να εκτελούν αυτόνομες, προγραμματιζόμενες πτήσεις (Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, 2016).

Στο ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο, τα drones εντάσσονται στη γενικότερη κατηγορία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και χρησιμοποιούνται σε ευρύ φάσμα εφαρμογών παρατήρησης, επιθεώρησης, χαρτογράφησης και καταγραφής της τοποθεσίας. Η επιχειρησιακή τους αξία συνδέεται με τη δυνατότητα πρόσβασης σε δυσπρόσιτες ή επικίνδυνες περιοχές και με τη γρήγορη συλλογή και μετάδοση δεδομένων προς τον χειριστή ή άλλα υπολογιστικά συστήματα για περαιτέρω επεξεργασία (European Union Aviation Safety Agency, 2024).

Τεχνολογικά, τα drones μπορούν να εξοπλιστούν με ευρύ φάσμα αισθητήρων και πλατφορμών λήψης δεδομένων όπως, ψηφιακές κάμερες υψηλής ανάλυσης, θερμικές κάμερες, πολυφασματικούς και υπερφασματικούς αισθητήρες, καθώς και συστήματα LiDAR, επιτρέποντας τη συλλογή λεπτομερών οπτικών και γεωχωρικών δεδομένων (Zhang and Zhu, 2023:1). Η ενσωμάτωση συστημάτων GNSS καθιστά δυνατή την ακριβή γεωχωρική αναφορά των δεδομένων, κρίσιμη για εφαρμογές χαρτογράφησης, τεκμηρίωσης και παρακολούθησης μεταβολών στον χρόνο (Zhang and Zhu, 2023:32). Μέσω των παραπάνω αισθητήρων, τα drones συλλέγουν οπτικά δεδομένα, θερμικές απεικονίσεις, πολυφασματικές πληροφορίες, τρισδιάστατες γεωμετρικές μετρήσεις και γεωχωρικές συντεταγμένες, υψηλής χωρικής και χρονικής ανάλυσης, κατάλληλες για ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του περιβάλλοντος (Candigliota and Immordino, 2013:78-85).

Ως προς την ανίχνευση κινδύνων σε πολιτιστικά μνημεία, τα drones λειτουργούν ως κινητές, ευέλικτες πλατφόρμες παρατήρησης που επιτρέπουν συστηματική και επαναλαμβανόμενη συλλογή δεδομένων για τα τοπικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του μνημείου. Τα δεδομένα από πτήσεις drones, λόγω υψηλής ανάλυσης, υποστηρίζουν τόσο ποιοτική αξιολόγηση (π.χ. αναγνώριση ρωγμών, αποκολλήσεων, μεταβολών επιφανειακής μορφολογίας) όσο και ποσοτική ανάλυση (μετρήσεις αποστάσεων, επιφανειών), τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν σε ευρύτερα συστήματα παρακολούθησης και ανάλυσης κινδύνων (Yiğit and Uysal, 2025:9-10).

Ενδεικτική της συμβολής των UAS στην πολιτιστική κληρονομιά είναι η περίπτωση της νεκρόπολης της Αμαθούντας στην Κύπρο, όπου χρησιμοποιήθηκαν UAVs με ψηφιακές κάμερες υψηλής ανάλυσης για την τεκμηρίωση ταφικών τύμβων σε

αρχαιολογικό χώρο (Themistocleous, 2020:264-267). Η εφαρμογή ανέδειξε τη δυνατότητα των drones να υποστηρίζουν γρήγορη και μη επεμβατική συλλογή δεδομένων σε εκτεταμένες ή ευαίσθητες αρχαιολογικές περιοχές, διευκολύνοντας την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης και την παραγωγή τεκμηριωμένου αρχείου για μελλοντικές παρεμβάσεις προστασίας (Themistocleous, 2020:264-267). Το παράδειγμα αυτό υπογραμμίζει τη σημασία των drones ως ευέλικτων, μη επεμβατικών και ταχέων εργαλείων τεκμηρίωσης, ιδίως όταν η αρχαιολογική καταγραφή πρέπει να ολοκληρωθεί γρήγορα και με υψηλή λεπτομέρεια (Themistocleous, 2020:264-267).

3.3 Τεχνολογίες πρόληψης

Η πρόληψη συνιστά τον δεύτερο λειτουργικό άξονα στην προστασία των πολιτιστικών μνημείων και εστιάζει στη μείωση της πιθανότητας εκδήλωσης ανθρωπογενών πιέσεων και κινδύνων ή στον περιορισμό των επιπτώσεών τους πριν αυτές λάβουν χώρα. Σε αντίθεση με την ανίχνευση, η οποία αποσκοπεί στον έγκαιρο εντοπισμό κινδύνων και ανωμαλιών, η πρόληψη αξιοποιεί τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και αναλυθεί προκειμένου να υποστηρίξει τον σχεδιασμό, τη λήψη αποφάσεων και την εφαρμογή προληπτικών μέτρων.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες πρόληψης υπερβαίνουν τις παραδοσιακές πρακτικές παθητικής διαχείρισης, επιτρέποντας την προσομοίωση σεναρίων, την πρόβλεψη συμπεριφορών και την αξιολόγηση πιθανών επιπτώσεων πριν αυτές εκδηλωθούν στην πράξη (Perles et al., 2024:1-4). Στη διαχείριση πολιτιστικών μνημείων, τεχνολογίες όπως η προσομοίωση πλήθους, τα προγνωστικά μοντέλα ανθρώπινης δραστηριότητας και φθοράς, καθώς και συστήματα ψηφιακής ιχνηλασιμότητας και ελέγχου, συμβάλλουν στη διαμόρφωση στρατηγικών πρόληψης που μειώνουν τις ανθρωπογενείς πιέσεις και ενισχύουν τη βιωσιμότητα των μνημείων (Ding et al., 2023:632-657).

Οι τεχνολογίες αυτές λειτουργούν συμπληρωματικά προς τα συστήματα ανίχνευσης, μετατρέποντας την πληροφορία σε προληπτική δράση και καθιστώντας δυνατή τη μετάβαση από την απλή παρακολούθηση σε ολοκληρωμένα μοντέλα ενεργητικής προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς.

3.3.1 Προσομοίωση πλήθους

Η προσομοίωση πλήθους (crowd simulation) αποτελεί υπολογιστική μέθοδο μοντελοποίησης και πρόβλεψης της κίνησης, των αλληλεπιδράσεων και της συμπεριφοράς ομάδων ανθρώπων σε πραγματικά ή σχεδιασμένα περιβάλλοντα (Thalmann and Raupp Musse, 2012:9-15). Χρησιμοποιεί μαθηματικά και υπολογιστικά μοντέλα που αναπαριστούν τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα κινούνται, αντιδρούν μεταξύ τους και επηρεάζονται από τη γεωμετρία και τους χωρικούς περιορισμούς. Μέσω της προσομοίωσης καθίσταται δυνατή η ανάλυση σύνθετων φαινομένων, όπως η συμφόρηση, οι μεταβολές στις ροές κίνησης, η δημιουργία σημείων συνάθροισης και η εμφάνιση συλλογικών προτύπων συμπεριφοράς σε συνθήκες αυξημένης πυκνότητας (Yang et al., 2020:2-3).

Τα μοντέλα προσομοίωσης πλήθους διακρίνονται σε μικροσκοπικά και μακροσκοπικά (Yang et al., 2020:2-3). Στα μικροσκοπικά μοντέλα, κάθε άτομο αντιμετωπίζεται ως αυτόνομη μονάδα με δικούς του κανόνες κίνησης και λήψης αποφάσεων, ενώ στα μακροσκοπικά το πλήθος προσεγγίζεται ως συνεχές σύνολο με συλλογικά χαρακτηριστικά. Οι σύγχρονες έρευνες υπογραμμίζουν ότι η επιλογή μοντέλου εξαρτάται από την κλίμακα και το είδος της συμπεριφοράς που επιδιώκεται να αναλυθεί (Yang et al., 2020:2-3).

Η προσομοίωση πλήθους έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση χώρων με υψηλή συγκέντρωση ανθρώπων, όπως σταθμοί μεταφορών, χώροι εκδηλώσεων και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, αστικά κέντρα, τουριστικοί προορισμοί. Μέσω της προσομοίωσης σεναρίων κίνησης, εισόδου, εξόδου και κατανομής επισκεπτών, καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός σημείων συμφόρησης, επικίνδυνων διαδρομών και συνθηκών που αυξάνουν την πιθανότητα ατυχημάτων ή ανεξέλεγκτων καταστάσεων (Zhou et al., 2010:21-23).

Η σημασία της προσομοίωσης πλήθους, στην πολιτιστική κληρονομιά, είναι καίρια, καθώς πολλές τοποθεσίες πολιτιστικού ενδιαφέροντος χαρακτηρίζονται από περιορισμένη φέρουσα ικανότητα, σύνθετη αρχιτεκτονική διάταξη και αυξημένη ευαισθησία σε ανθρωπογενείς πιέσεις. Σε μουσεία, ιστορικά κτίρια, αρχαιολογικούς χώρους και μνημειακά σύνολα, η ανεξέλεγκτη συγκέντρωση επισκεπτών μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο

σε λειτουργικά προβλήματα και κινδύνους ασφάλειας, αλλά και σε επιταχυνόμενη φθορά λόγω υπερβολικής χρήσης συγκεκριμένων διαδρομών ή τμημάτων του μνημείου. Η προσομοίωση πλήθους μπορεί να αξιοποιηθεί για διαχείριση ροών, καθορισμό ορίων χωρητικότητας, οργάνωση διαδρομών περιήγησης και δοκιμή εναλλακτικών σεναρίων πρόσβασης πριν από την εφαρμογή τους (Ding et al., 2023:649).

Η μελέτη για το Master-of-Nets Garden στην Κίνα, μνημείο Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς, διερεύνησε τον τοπικό συνωστισμό επισκεπτών με βάση τη χωροχρονική κατανομή τους σε «σημεία στάσης», όπου δραστηριότητες όπως η φωτογράφιση, η θέαση και η ανάπαυση διακόπτουν προσωρινά την κίνηση (Ding et al., 2023:632-633). Ο κήπος καλύπτει περίπου 6.670 m² και δέχεται κατά μέσο όρο 1.500 επισκέπτες ημερησίως εκτός αιχμής και περίπου 3.570 στην περίοδο αιχμής, ενώ σε ημέρες ιδιαίτερα υψηλής επισκεψιμότητας ο αριθμός μπορεί να φθάσει τους 4.500 (Ding et al., 2023:637-638). Αν και η συνολική φέρουσα ικανότητα υπολογίστηκε σε 5.685 επισκέπτες και την ημέρα της ανάλυσης καταγράφηκαν 4.376, η έρευνα έδειξε ότι σε επιμέρους σημεία στάσης ο αριθμός παρόντων επισκεπτών υπερέβαινε σημαντικά τη χωρητικότητά τους, αποδεικνύοντας ότι η τοπική συμφόρηση μπορεί να εμφανιστεί ακόμη και όταν δεν υπερβαίνεται η συνολική φέρουσα ικανότητα (Ding et al., 2023:638–641).

Το παράδειγμα αυτό δείχνει ότι η πρόληψη σε τοποθεσίες πολιτιστικής κληρονομιάς δεν εξαρτάται μόνο από τον συνολικό αριθμό επισκεπτών, αλλά και από τον τρόπο χωρικής και χρονικής κατανομής τους. Συνεπώς, η προσομοίωση πλήθους μπορεί να λειτουργήσει ως ουσιαστικό εργαλείο προληπτικής διαχείρισης, επιτρέποντας τον εντοπισμό κρίσιμων σημείων συνωστισμού, την προσαρμογή διαδρομών ή ορίων πρόσβασης και τη μείωση τόσο των κινδύνων για τους επισκέπτες όσο και των ανθρωπογενών πιέσεων στα μνημεία (Ding et al., 2023:634-635).

3.3.2 Προγνωστικά μοντέλα

Τα προγνωστικά μοντέλα (predictive models) είναι μαθηματικά εργαλεία και αλγόριθμοι που αναλύουν τα διαθέσιμα δεδομένα του παρελθόντος και του παρόντος για να εκτιμήσουν τι είναι πιθανό να συμβεί στο μέλλον (Cranmer and Desmarais, 2017:14). Η ποιότητα ενός μοντέλου δεν κρίνεται μόνο από την ερμηνεία των σχέσεων μεταξύ των

μεταβλητών, αλλά κυρίως στην ικανοποιητική απόδοση όταν εφαρμόζονται νέα δεδομένα, πέρα από το σύνολο εκπαίδευσης (out-of-sample) (Cranmer and Desmarais, 2017:2-3). Με τον τρόπο αυτό, η πρόβλεψη λειτουργεί ταυτόχρονα ως πρακτικό εργαλείο και ως τρόπος να ελεγχθεί η αξιοπιστία μιας μοντελοποίησης στην πράξη (Cranmer and Desmarais, 2017:2-4).

Στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, η προγνωστική μοντελοποίηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για δράσεις πρόληψης, επειδή επιτρέπει τη μετάβαση από την απλή καταγραφή ή ανίχνευση φαινομένων σε πιο στοχευμένο προληπτικό σχεδιασμό. Μέσα από την αξιοποίηση ιστορικών, χωρικών, περιβαλλοντικών ή λειτουργικών δεδομένων, μπορούν να παραχθούν εκτιμήσεις για την πιθανότητα εμφάνισης πιέσεων, φθορών ή άλλων απειλών, διευκολύνοντας την ιεράρχηση προτεραιοτήτων και την αποτελεσματικότερη κατανομή πόρων. Η χρησιμότητα της εξαρτάται ωστόσο, τόσο από την ποιότητα και αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων εισόδου όσο και από τη συστηματική διαδικασία ελέγχου και αξιολόγησης του μοντέλου (Cranmer and Desmarais, 2017:24-25).

Ιδιαίτερα στην αρχαιολογία, οι προγνωστικές μέθοδοι εφαρμόζονται ήδη από τη δεκαετία του 1970 για την εκτίμηση της πιθανότητας παρουσίας αρχαιολογικών θέσεων σε μη ερευνημένες περιοχές (Verhagen, 2018:1). Η προσέγγιση αυτή, γνωστή ως predictive modeling, χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της θέσης αρχαιολογικών θέσεων ή καταλοίπων σε μια τοποθεσία βάσει δείγματος της περιοχής ή θεωρητικών παραδοχών για την ανθρώπινη συμπεριφορά (Verhagen, 2018:1). Ως εκ τούτου, τα προγνωστικά μοντέλα λειτουργούν και ως μέσα υποστήριξης του χωρικού σχεδιασμού, της διαχείρισης πολιτιστικών πόρων και της προληπτικής προστασίας περιοχών που δεν έχουν ακόμη ερευνηθεί συστηματικά (Verhagen, 2018:3). Σε εφαρμογές πρόληψης για μνημεία, η προγνωστική λογική μπορεί να αξιοποιηθεί για την εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης κινδύνων (π.χ. αυξημένη πίεση από επισκεψιμότητα, χρονικά μοτίβα βανδαλισμών, ή περιβαλλοντικοί παράγοντες που επιταχύνουν τη φθορά), εφόσον υπάρχουν κατάλληλες χρονοσειρές δεδομένων (Cranmer and Desmarais, 2017:30-31).

Σημαντικό ρόλο σε τέτοιες εφαρμογές μπορούν να διαδραματίσουν και επιχειρησιακά συστήματα πρόγνωσης που παρέχουν οργανωμένα προγνωστικά

περιβαλλοντικά δεδομένα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), το οποίο προσφέρει υπηρεσίες πρόγνωσης σχετικές με τη μετεωρολογία, τη θαλάσσια κατάσταση και άλλες παραμέτρους του θαλάσσιου οικοσυστήματος (ΕΛΚΕΘΕ, 2026). Τα δεδομένα αυτά δεν συνιστούν από μόνα τους προγνωστικό μοντέλο για μνημεία, μπορούν όμως να λειτουργήσουν ως κρίσιμες μεταβλητές εισόδου σε πλαίσια εκτίμησης κινδύνου για παράκτιους ή περιβαλλοντικά εκτεθειμένους πολιτιστικούς πόρους, συμβάλλοντας στον έγκαιρο προγραμματισμό μέτρων προστασίας (ΕΛΚΕΘΕ, 2026).

Με αυτόν τον τρόπο, τα προγνωστικά μοντέλα ενισχύουν ουσιαστικά τη διάσταση της πρόληψης στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Επιτρέπουν την πρόβλεψη πιθανών εξελίξεων, τη βελτιστοποίηση της χρήσης διαθέσιμων πόρων και τη λήψη πιο στοχευμένων αποφάσεων πριν οι κίνδυνοι εκδηλωθούν σε υλικό επίπεδο (Cranmer and Desmarais, 2017:34).

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα προγνωστικού μοντέλου στην πολιτιστική κληρονομιά είναι η χρήση μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη του εσωτερικού κλίματος σε μία αποθήκη μουσείου και σε ιστορική εκκλησία στη Δανία. Με βάση ιστορικά δεδομένα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, το μοντέλο επιδίωξε να προβλέπει αν μέσα στις επόμενες 24 ώρες θα εμφανίζονταν συνθήκες επιβαρυντικές για τα πολιτιστικά αντικείμενα, ώστε να λαμβάνονται εγκαίρως προληπτικά μέτρα (Boesgaard et al., 2022:6). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέσο έγκαιρου εντοπισμού, ενισχύοντας έτσι την προληπτική διαχείριση των μνημείων.

3.4 Τεχνολογίες αντιμετώπισης και αποκατάστασης

Μετά την επέλευση μιας καταστροφής, η τεχνολογία διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην άμεση απόκριση και στην επακόλουθη αποκατάσταση των πολιτιστικών μνημείων. Η ακριβής καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και η σύγκρισή της με δεδομένα προηγούμενων ετών αποτελούν τη βάση για κάθε αναστηλωτική προσπάθεια. Σε αυτή τη διαδικασία, οι τεχνολογίες αεροφωτογραμμετρίας, η τρισδιάστατη ανακατασκευή και οι ρομποτικοί αυτοματισμοί αναδεικνύονται σε πολύτιμα εργαλεία.

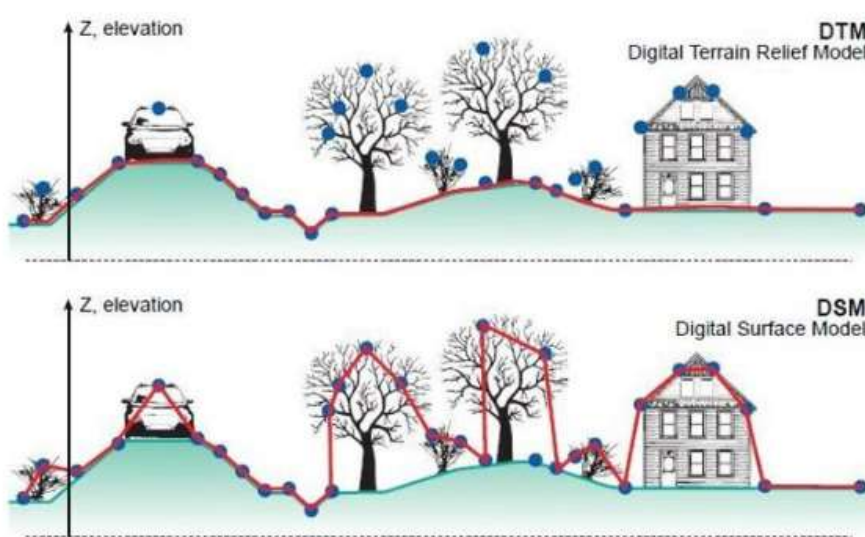
3.4.1 Αεροφωτογραμμετρικά μοντέλα επιφάνειας

Στο στάδιο της αντιμετώπισης και αποκατάστασης ανθρωπογενών καταστροφών, η αεροφωτογραμμετρία (Photogrammetry) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέσα ψηφιακής τεκμηρίωσης και αποτίμησης των ζημιών που έχουν υποστεί τα πολιτιστικά μνημεία. Μέσω της επεξεργασίας επικαλυπτόμενων αεροφωτογραφιών, οι οποίες λαμβάνονται κυρίως με μη επανδρωμένα αεροσκάφη, καθίσταται δυνατή η παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων υψηλής ακρίβειας, ακόμη και σε δυσπρόσιτα ή ευάλωτα σημεία, χωρίς να απαιτείται άμεση φυσική επαφή με το μνημείο. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη σε μετακαταστροφικά περιβάλλοντα, όπου η ασφαλής πρόσβαση είναι συχνά περιορισμένη και η ανάγκη για άμεση, αξιόπιστη και μη επεμβατική τεκμηρίωση είναι αυξημένη (Yigit and Uysal, 2024:2). Στην επιστήμη της φωτογραμμετρίας, τα μοντέλα αυτά διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, η καθεμία από τις οποίες εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς στην αντιμετώπιση και αποκατάσταση ζημιών.

Το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας (Digital Surface Model - DSM) αποτυπώνει την «πρώτη επιφάνεια» που ανιχνεύει ο αισθητήρας. Περιλαμβάνει, εκτός από το φυσικό έδαφος, όλα τα ανθρωπογενή στοιχεία (κτίρια, μνημεία, τείχη) καθώς και τη βλάστηση (Shen et al., 2025:1). Στην αποκατάσταση των πολιτιστικών μνημείων, τα τρισδιάστατα γεωχωρικά μοντέλα και οι συναφείς τεχνικές ψηφιακής τεκμηρίωσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων και για την ανάλυση της οπτικής σχέσης των μνημείων με τον αστικό ιστό (Navas-Carrillo et al., 2018:127,130-131). Σε περίπτωση καταστροφής, η ακριβής τρισδιάστατη τεκμηρίωση επιτρέπει την αναπαράσταση της υφιστάμενης κατάστασης, την καταγραφή βλαβών, αλλοιώσεων ή μερικών καταρρεύσεων, καθώς και τη σύγκριση δεδομένων από διαφορετικές χρονικές φάσεις για την υποστήριξη της αποκατάστασης και της παρακολούθησης του μνημείου (Tsifodimou et al., 2025:1533-1536).

Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model - DTM), σε αντίθεση με το DSM, αναπαριστά τη «γυμνή επιφάνεια» του εδάφους, αφού αφαιρεθούν μέσω αλγορίθμων επεξεργασίας όλα τα υπερκείμενα αντικείμενα (βλάστηση, οχήματα, κτίσματα) (Ricker, 2025:6-8). Η χρήση του DTM είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιπτώσεις μνημείων που εντάσσονται στο φυσικό τοπίο, καθώς επιτρέπει την ανάλυση της μορφολογίας του εδάφους, τη διερεύνηση φαινομένων αποστράγγισης, διάβρωσης ή

καθιζήσεων και τη σύγκριση μορφολογικών μεταβολών σε διαφορετικές χρονικές φάσεις, στοιχεία χρήσιμα για την προστασία και τη διαχείριση του περιβάλλοντος χώρου ενός μνημείου (Ricker, 2025:8,12). Επιπλέον, παρέχει το απαραίτητο υπόβαθρο για την παραγωγή ισοϋψών καμπυλών και άλλων τοπογραφικών παραγώγων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν στον σχεδιασμό τεχνικών ή υποστηρικτικών παρεμβάσεων (Ricker, 2025:15).



Εικόνα 1. Σύγκριση μεταξύ DTM και DSM. Τα DTM απεικονίζουν την γυμνή επιφάνεια του εδάφους χωρίς κτίρια και βλάστηση, ενώ τα DSM περιλαμβάνουν όλα τα αντικείμενα που βρίσκονται στο έδαφος.¹

Η συμβολή των αεροφωτογραμμετρικών μοντέλων δεν περιορίζεται στην άμεση αποτίμηση των ζημιών, αλλά επεκτείνεται και στη μακροπρόθεσμη διαχείριση της αποκατάστασης, καθώς τα παραγόμενα ψηφιακά δεδομένα λειτουργούν ως τεκμηριωμένη βάση αναφοράς για μελλοντικές παρεμβάσεις, ερευνητική ανάλυση και ψηφιακή αρχειοθέτηση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Tsifodimou et al., 2025:1533-1536). Η συνδυαστική χρήση των DSM και DTM προσφέρει στους συντηρητές και αρχαιολόγους μια ολοκληρωμένη εικόνα της χωρικής πληροφορίας, διευκολύνοντας τον σχεδιασμό στοχευμένων παρεμβάσεων αποκατάστασης που σέβονται την αυθεντικότητα και την ιστορικότητα του μνημείου (Ricker, 2025:15,17-18).

¹ Πηγή: Caribbean Disaster Emergency Management Agency (CDEMA), “3.2 Digital Elevation Models”, στο CHARIM Handbook.

Σημαντική εφαρμογή της φωτογραμμετρίας στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί η μελέτη των Yiğit και Uysal, οι οποίοι αξιοποίησαν UAV φωτογραμμετρία για τη δημιουργία ψηφιακού διδύμου με στόχο τον εντοπισμό ρωγμών στο ρωμαϊκό μανσωλείο/μνημειακοί τάφοι του Ντεμιρτσίλι, της Τουρκίας. Μέσω της συνδυαστικής χρήσης αεροφωτογραμμετρίας, αλγορίθμων Structure from Motion και αυτοματοποιημένης ανάλυσης του τρισδιάστατου μοντέλου, κατέστη δυνατή η τεκμηρίωση και αξιολόγηση φθορών στις εξωτερικές όψεις του μνημείου (Yiğit and Uysal, 2025:10). Η έρευνα έδειξε ότι η μέθοδος μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά τη δομική επιθεώρηση ιστορικών κατασκευών, επιτυγχάνοντας συνολική ακρίβεια περίπου 78.125% στην ανίχνευση ρωγμών και αναδεικνύοντας τη χρησιμότητα των UAV στη μη επεμβατική παρακολούθηση μνημείων (Yiğit and Uysal, 2025:12).

3.4.2 Τρισδιάστατη ανακατασκευή

Η τρισδιάστατη ανακατασκευή (3D reconstruction) είναι μια από τις κεντρικές ψηφιακές τεχνολογίες για τεκμηρίωση, προστασία και αποκατάσταση πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων μνημείων, αντικειμένων και ιστορικών χώρων από φωτογραμμετρία, εικόνες, σαρώσεις και άλλες τεχνικές αποτύπωσης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία διατηρούνται σε ψηφιακό περιβάλλον η γεωμετρία, η μορφή και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός μνημείου, γεγονός ιδιαίτερα κρίσιμο σε περιπτώσεις φθοράς, βανδαλισμού ή καταστροφής (Gomes et al., 2014:3-14).

Στην αποκατάσταση μετά από ανθρωπογενείς καταστροφές, η 3D ανακατασκευή λειτουργεί ως εργαλείο ψηφιακής διάσωσης πολιτιστικής πληροφορίας. Ακόμη και όταν η φυσική υπόσταση έχει υποστεί σοβαρές ή ανεπανόρθωτες βλάβες, τα τρισδιάστατα μοντέλα διατηρούν με ακρίβεια κρίσιμες πληροφορίες για δομή, αναλογίες και επιφάνειες, υποστηρίζοντας τόσο την επιστημονική τεκμηρίωση όσο και τον μεταγενέστερο σχεδιασμό αποκατάστασης (Gomes et al., 2014:3-14).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ανακατασκευή μνημείων μέσω ιστορικών δεδομένων, όταν δεν υπάρχει προηγούμενη σύγχρονη ψηφιακή αποτύπωση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ιστορικές φωτογραφίες, αρχαιακά τεκμήρια, σχέδια και οπτικοακουστικό υλικό

αξιοποιούνται για τη δημιουργία ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων που αναπαριστούν το μνημείο όπως ήταν πριν από την καταστροφή (Maiwald et al., 2017:113-119). Η σχετική έρευνα δείχνει ότι η ιστορική φωτογραμμετρία και η συνδυαστική χρήση παλαιών πηγών επιτρέπουν την ανάκτηση πολύτιμης μετρικής και μορφολογικής πληροφορίας ακόμη και όταν το μνημείο δεν σώζεται πλέον στην αρχική του μορφή (Krūmīņa, 2018:1-2).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τεκμηρίωση, αλλά και ως λειτουργικά εργαλεία εικονικής αναστήλωσης και υποστήριξης αποφάσεων. Μέσα από αυτά, οι ειδικοί μπορούν να εξετάσουν εναλλακτικά σενάρια επέμβασης, να ελέγξουν μορφολογικές υποθέσεις, να εντοπίσουν απώλειες και να οργανώσουν αποτελεσματικότερα τα στάδια φυσικής αποκατάστασης, μειώνοντας τον κίνδυνο λανθασμένων παρεμβάσεων (Gomes et al., 2014:3-14). Επιπλέον, η τρισδιάστατη ανακατασκευή ενισχύει τη διεπιστημονική συνεργασία, καθώς προσφέρει κοινό ψηφιακό υπόβαθρο αναφοράς για αρχαιολόγους, αρχιτέκτονες, μηχανικούς, συντηρητές και ειδικούς τεχνολογίας, λειτουργώντας ως ενεργό εργαλείο ανάλυσης, τεκμηρίωσης, σχεδιασμού και διαχείρισης (Maiwald et al., 2017:113-119).

Ενδεικτική εφαρμογή της 3D ανακατασκευής αποτελεί η περίπτωση του πύργου του Sant'Alberto, στην Ιταλία, ο οποίος καταστράφηκε τον Δεκέμβριο του 1944 κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου (Bitelli et al., 2017:113-119). Στη μελέτη αυτή, οι ερευνητές αξιοποίησαν ιστορικές φωτογραφίες και τις συνδύασαν με γεωμετρικές πληροφορίες από επίγεια σάρωση laser στη θέση της αρχικής θέσης, προκειμένου να ανασυνθέσουν ψηφιακά την τρισδιάστατη μορφή του πύργου (Bitelli et al., 2017:114). Παρά την περιορισμένη διαθεσιμότητα και τη χαμηλή ποιότητα του ιστορικού φωτογραφικού υλικού, η ιστορική φωτογραμμετρία οδήγησε σε πλήρη και ποιοτικά ικανοποιητική εικονική ανακατασκευή (Bitelli et al., 2017:114-116). Η μελέτη αναδεικνύει ότι η 3D ανακατασκευή μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως μέσο τεκμηρίωσης της χαμένης μορφής ενός μνημείου, αλλά και ως εργαλείο διατήρησης συλλογικής μνήμης, επιστημονικής μελέτης και πιθανής υποστήριξης μελλοντικής αναστήλωσης.

3.4.3 Ρομποτικοί αυτοματισμοί

Οι ρομποτικοί αυτοματισμοί (Robotic Automation) αποτελούν συστήματα που συνδέονται με αυτοματοποιημένες διεργασίες για την εκτέλεση εργασιών με ελάχιστη ή καθόλου άμεση ανθρώπινη παρέμβαση (van der Aalst et al., 2018:1-3). Αν και η ανάπτυξή τους συνδέθηκε αρχικά με τη βιομηχανική παραγωγή, τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές τους επεκτείνονται και στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, ιδίως σε συνθήκες όπου απαιτούνται ταχύτητα, ακρίβεια, επαναληψιμότητα και εργασία σε περιβάλλοντα υψηλού κινδύνου (Ceccarelli et al., 2018:1).

Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Από τη μία πλευρά βρίσκεται η φυσική ρομποτική (physical robotics), η οποία περιλαμβάνει κινητές ρομποτικές πλατφόρμες, ρομποτικούς βραχίονες και άλλα συστήματα που επιχειρούν σε πραγματικό χώρο, αναλαμβάνοντας επιθεώρηση, χειρισμό αντικειμένων ή εκτέλεση εργασιών σε δυσπρόσιτα σημεία (Ceccarelli et al., 2018:1-2). Από την άλλη πλευρά βρίσκεται ο Ρομποτικός Αυτοματισμός Διαδικασιών (Robotic Process Automation-RPA), που αφορά λογισμικό το οποίο αυτοματοποιεί επαναλαμβανόμενες ψηφιακές διεργασίες, όπως ταξινόμηση εγγράφων, μεταφορά δεδομένων και ενημέρωση πληροφοριακών συστημάτων (van der Aalst et al., 2018:1-3).

Στο πλαίσιο των ανθρωπογενών καταστροφών που επηρεάζουν πολιτιστικά μνημεία, η φυσική ρομποτική μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά ήδη από το πρώτο στάδιο της αντιμετώπισης. Σε χώρους που έχουν πληγεί από βομβαρδισμούς, πυρκαγιές, εκρήξεις ή βανδαλισμούς, και όπου η ανθρώπινη πρόσβαση είναι επικίνδυνη λόγω αστάθειας, υπολειμμάτων ή περιορισμένης ορατότητας, ρομποτικές πλατφόρμες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιθεώρηση, καταγραφή, χαρτογράφηση και παρακολούθηση της κατάστασης του μνημείου, μειώνοντας την έκθεση του προσωπικού σε κίνδυνο και επιταχύνοντας τη συλλογή κρίσιμων δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων (Borrmann et al., 2015:9-10). Η συμβολή τους είναι εξίσου σημαντική και στο στάδιο της αποκατάστασης, καθώς τα ρομποτικά συστήματα υποστηρίζουν εργασίες τεκμηρίωσης, ελέγχου φθορών, επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και πρόσβασης σε δυσπρόσιτα σημεία, όπου η άμεση ανθρώπινη επέμβαση είναι δύσκολη ή επισφαλής (Ceccarelli et al., 2018:2).

Ενδεικτικό παράδειγμα εφαρμογής φυσικής ρομποτικής στον χώρο της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί η συνεργασία ερευνητικών φορέων με αρχαιολογικές υπηρεσίες για την υποβρύχια τεκμηρίωση βυθισμένων αρχαιολογικών περιοχών. Σε λίμνες της Γερμανίας, όπως η Arendsee, ρομποτικά, τηλεχειριζόμενα υποβρύχια οχήματα εξοπλισμένα με πολυδесμικά ηχοβολιστικά συστήματα, υποβρύχιους σαρωτές laser και κάμερες υψηλής ανάλυσης αξιοποιήθηκαν για την τρισδιάστατη αποτύπωση βυθισμένων ταφικών τύμβων και μεσαιωνικών πλοίων, δημιουργώντας λεπτομερή 3D μοντέλα που παρέχουν στους αρχαιολόγους νέες πληροφορίες για τη δομή, την κατάσταση διατήρησης και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των ευρημάτων (Fraunhofer IOSB, 2020). Η χρήση ρομποτικών συστημάτων σε θολά, βαθιά και γενικά δυσπρόσιτα υδάτινα περιβάλλοντα δείχνει πώς η φυσική ρομποτική μπορεί να λειτουργήσει ως πολλαπλασιαστής ισχύος για την έρευνα και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, επιτρέποντας συστηματική, ασφαλή και υψηλής ακρίβειας τεκμηρίωση εκεί όπου η ανθρώπινη παρουσία είναι περιορισμένη ή επικίνδυνη.

Παράλληλα, ο ρομποτικός αυτοματισμός διαδικασιών δεν επεμβαίνει άμεσα στο ίδιο το μνημείο, αλλά μπορεί να υποστηρίξει αποφασιστικά τη διαχείριση της πληροφορίας μετά από μια καταστροφή. Ειδικότερα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτόματη οργάνωση φωτογραφικού υλικού, αναφορών αυτοψίας, καταλόγων ζημιών, διοικητικών εγγράφων και δεδομένων τεκμηρίωσης, καθώς και για την ενημέρωση ψηφιακών αρχείων και βάσεων πολιτιστικής κληρονομιάς, επιταχύνοντας την επεξεργασία μεγάλου όγκου πληροφοριών και διευκολύνοντας τον συντονισμό των επιστημονικών ομάδων (van der Aalst et al., 2018:1-3). Συνολικά, η ενσωμάτωση ρομποτικών αυτοματισμών στην αντιμετώπιση και αποκατάσταση ανθρωπογενών καταστροφών σε πολιτιστικά μνημεία ενισχύει την ασφάλεια, την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων, στο πλαίσιο ενός υβριδικού μοντέλου συνεργασίας ανθρώπου και μηχανής που ανταποκρίνεται στις σύνθετες απαιτήσεις της σύγχρονης προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς (Borrmann et al., 2015:10-11· Ceccarelli et al., 2018:12-13).

3.4.4 Παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης

Τα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems–GNSS) αποτελούν βασική τεχνολογική υποδομή της γεωχωρικής πληροφορίας, καθώς παρέχουν σε παγκόσμια κλίμακα υπηρεσίες προσδιορισμού θέσης, χρόνου, κίνησης και ταχύτητας μέσω λήψης σημάτων από δορυφόρους (Langley et al., 2017:3-5). Ο όρος GNSS περιλαμβάνει συστήματα όπως το GPS (ΗΠΑ), το Galileo (ΕΕ), το GLONASS (Ρωσία) και το BeiDou (Κίνα), τα οποία μπορούν να λειτουργούν μεμονωμένα ή συνδυαστικά, αυξάνοντας τον αριθμό διαθέσιμων δορυφόρων και βελτιώνοντας τη διαθεσιμότητα παρατηρήσεων και την επιχειρησιακή αξιοπιστία (Langley et al., 2017:5-7).

Τα δεδομένα GNSS συμβάλλουν στη χωρική τεκμηρίωση, στη γεωαναφορά και, κυρίως, στην παρακολούθηση μεταβολών που συνδέονται με καταπονήσεις ή βλάβες στα πολιτιστικά μνημεία. Η συμβολή τους είναι ιδιαίτερα σημαντική στην αντιμετώπιση και αποκατάσταση ανθρωπογενών καταστροφών, όπως εκείνων που προκαλούνται από τεχνικά έργα, εκσκαφές, δονήσεις από κυκλοφορία ή μηχανικό εξοπλισμό, εκρήξεις, υπεραντλήσεις και επεμβάσεις που οδηγούν σε καθιζήσεις ή μικρομετακινήσεις του δομημένου κελύφους (Vergados et al., 2021:939-943). Η δυνατότητα συνεχούς και ακριβούς παρακολούθησης επιτρέπει έγκαιρη τεχνική αξιολόγηση της κατάστασης ενός μνημείου και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων για τις απαιτούμενες επεμβάσεις αποκατάστασης (Vergados et al., 2021:962-964).

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές των GNSS είναι η παρακολούθηση δομικής παραμόρφωσης. Μετά από ανθρωπογενή συμβάντα που ενδέχεται να προκαλέσουν εδαφικές ή δομικές μεταβολές, η εγκατάσταση μόνιμων ή επαναλαμβανόμενων γεωδαιτικών σημείων παρατήρησης σε κρίσιμα σημεία ενός μνημείου επιτρέπει τον εντοπισμό μετατοπίσεων στον τρισδιάστατο χώρο και τη σύγκρισή τους σε διαδοχικές χρονικές φάσεις (Themistocleous et al., 2019). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή δικτύου δεκτών GNSS για την παρακολούθηση της κίνησης του κωδωνοστασίου της Basilica di San Gaudenzio στη Νοβάρα, όπου οι χρονοσειρές συντεταγμένων χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση μικρομετακινήσεων και ταλαντώσεων του ανώτερου τμήματος του μνημείου, με στόχο την αξιολόγηση της στατικής του επάρκειας και τον σχεδιασμό κατάλληλων επεμβάσεων (Barzaghi et al., 2019:209-10). Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός ενεργών μετακινήσεων, η διάκριση πρόσκαιρης από

εξελισσόμενη αστάθεια και η ιεράρχηση επεμβάσεων στερέωσης ή προστασίας (Themistocleous et al., 2019).

Εξίσου σημαντική είναι η συμβολή των GNSS στη γεωαναφορά και χαρτογράφηση ακριβείας. Κατά τις εργασίες τεκμηρίωσης και αποκατάστασης, η ακριβής ένταξη αρχιτεκτονικών μελών, ευρημάτων, ρηγματώσεων, ζωνών βλάβης ή νέων επεμβάσεων σε ενιαίο σύστημα αναφοράς είναι απαραίτητη, ώστε η ψηφιακή πληροφορία να αντιστοιχεί με ακρίβεια στο πραγματικό μνημείο. Η χρήση δεκτών GNSS υψηλής ακρίβειας, σε συνδυασμό με τεχνικές όπως το RTK, ενισχύει τη γεωμετρική αξιοπιστία των αποτυπώσεων και διευκολύνει τη διασύνδεση των δεδομένων με φωτογραμμετρικές, τοπογραφικές και GIS εφαρμογές που αξιοποιούνται στην αποκατάσταση μνημείων (Barzaghi et al., 2019:209-216).

Παράλληλα, τα συστήματα GNSS μπορούν να ενταχθούν σε ευρύτερα σχήματα διαχείρισης κινδύνου και έγκαιρης προειδοποίησης. Σε μνημεία που απειλούνται από ανθρωπογενείς πιέσεις, όπως γειτνίαση με κατασκευαστικά έργα ή έντονη αστική και βιομηχανική δραστηριότητα, η συνεχής παρακολούθηση μικρομετακινήσεων μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανισμός έγκαιρης ανίχνευσης αστοχιών πριν εξελιχθούν σε σοβαρές βλάβες (Vergados et al., 2021:962-964). Έτσι, τα δεδομένα GNSS δεν υποστηρίζουν μόνο την αποτύπωση της ζημιάς μετά το συμβάν, αλλά και την προληπτική προστασία και τον σχεδιασμό επεμβάσεων με βάση τεκμηριωμένα χωρικά δεδομένα (Vergados et al., 2021:939-943). Συνεπώς, τα GNSS, ως υποδομή προσδιορισμού θέσης, χρόνου και κίνησης, μπορούν να λειτουργήσουν ως κρίσιμο εργαλείο για την επιστημονικά τεκμηριωμένη αντιμετώπιση και αποκατάσταση ανθρωπογενών καταστροφών σε πολιτιστικά μνημεία, προσφέροντας αξιόπιστο γεωχωρικό υπόβαθρο για παρακολούθηση, αξιολόγηση και λήψη αποφάσεων (Langley et al., 2017:5-6).

3.4.5 Περιορισμοί και προκλήσεις των τεχνολογικών προσεγγίσεων

Η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών στην προστασία και αποκατάσταση της πολιτιστικής κληρονομιάς συνοδεύεται και από σημαντικούς περιορισμούς, γεγονός που καθιστά αναγκαία μια πιο κριτική και ισορροπημένη προσέγγιση της χρήσης τους (European Commission, 2021a). Ένα βασικό ζήτημα αφορά το υψηλό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης πολλών συστημάτων, όπως δίκτυα αισθητήρων, μη επανδρωμένα συστήματα και τεχνολογίες τρισδιάστατης αποτύπωσης, στοιχείο που μπορεί να περιορίσει την εφαρμογή τους, ιδίως σε μνημεία ή φορείς με περιορισμένους οικονομικούς και τεχνικούς πόρους (EKT, 2024).

Παράλληλα, η αποτελεσματικότητα τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη και τα προγνωστικά μοντέλα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα, την επάρκεια και την αντιπροσωπευτικότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Σε περιβάλλοντα όπου τα δεδομένα είναι ελλιπή, ανομοιογενή ή κακής ποιότητας, ενδέχεται να προκύψουν ανακριβείς εκτιμήσεις, με άμεσες συνέπειες στην αξιολόγηση βλαβών και στη λήψη αποφάσεων για την αποκατάσταση (UNESCO, 2021a). Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών όπως drones, συστήματα υπολογιστικής όρασης και πλατφόρμες ψηφιακής διαχείρισης μπορεί να συναντά θεσμικούς και κανονιστικούς περιορισμούς, καθώς και ζητήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων ή πνευματικών δικαιωμάτων, ιδιαίτερα σε περιοχές με αυξημένη επισκεψιμότητα ή σύνθετο καθεστώς διαχείρισης.

Τέλος, παρότι οι τεχνολογίες ψηφιακής τεκμηρίωσης και τρισδιάστατης ανακατασκευής προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες, η αξιοποίησή τους απαιτεί προσεκτική επιστημονική ερμηνεία, ώστε να αποφεύγονται απλουστεύσεις ή αναπαραστάσεις που δεν ανταποκρίνονται πλήρως στην ιστορική και υλική πραγματικότητα του μνημείου (Feilden and Jokilehto, 1998:59-71). Ιδίως κατά την αντιμετώπιση ανθρωπογενών καταστροφών, οι τεχνολογικές εφαρμογές οφείλουν να λειτουργούν συμπληρωματικά προς την κρίση των ειδικών και όχι ως αυτόνομα μέσα λήψης αποφάσεων.

*Φωτεινή Γαλάνη, «Ανίχνευση, Πρόληψη και Αντιμετώπιση
Ανθρωπογενών Καταστροφών στα Πολιτιστικά Μνημεία με τη συμβολή
της τεχνητής νοημοσύνης και των Έξυπνων Τεχνολογιών»*

Κεφάλαιο 4. Περίπτωση μελέτης: Notre-Dame de Paris (Η Παναγία των Παρισίων)



Εικόνα 2. Φωτογραφία:Notre-Dame on fire, 15 April 2019

4.1 Η ιστορική εξέλιξη της Notre-Dame de Paris (Παναγίας των Παρισίων)

Ο Καθεδρικός Ναός Notre-Dame de Paris (Παναγία των Παρισίων) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της γοτθικής αρχιτεκτονικής και ένα από τα πλέον αναγνωρίσιμα σύμβολα της γαλλικής και ευρωπαϊκής πολιτιστικής κληρονομιάς (Cathédrale Notre-Dame de Paris, 2024). Βρίσκεται στην Île de la Cité, στον ιστορικό πυρήνα του Παρισιού, και εντάσσεται στο μνημείο Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO «Paris, Banks of the Seine», όπου αναγνωρίζεται ως μεσαιωνικό αρχιτεκτονικό αριστούργημα με καθοριστική συμβολή στην εξαιρετική οικουμενική αξία του συνόλου (UNESCO World Heritage Centre, 1991).

Η ανέγερση του ναού ξεκίνησε το 1163, επί επισκοπής Maurice de Sully, σε μια περίοδο κατά την οποία το Παρίσι ενισχυόταν ως θρησκευτικό, πολιτικό και πνευματικό κέντρο του γαλλικού βασιλείου (France.fr, 2024). Ο ναός οικοδομήθηκε στη θέση προγενέστερων εκκλησιαστικών δομών και η κατασκευή του εξελίχθηκε σταδιακά από τον 12ο έως τον 13ο αιώνα, με διαδοχικές φάσεις εργασιών που αφορούσαν τον κυρίως ναό, τα εγκάρσια κλίτη, τους πύργους και επιμέρους αρχιτεκτονικά στοιχεία (Revivre Notre-Dame, 2022).

Η Notre-Dame συνιστά εμβληματικό δείγμα της πρώιμης και ώριμης γαλλικής γοτθικής τέχνης, με χαρακτηριστικά όπως οι οξυκόρυφες καμάρες, οι αντηρίδες, οι μνημειακοί ρόδακες και η κατακόρυφη ανάπτυξη του κτηρίου, στοιχεία που εξυπηρετούσαν τόσο τη στατική επίλυση όσο και τη συμβολική ανάταση του ιερού χώρου (Cathédrale Notre-Dame de Paris, 2024). Ιδιαίτερης σημασίας υπήρξε και η ξύλινη μεσαιωνική στέγη, γνωστή συχνά ως «δάσος», λόγω του μεγάλου αριθμού δρύινων δοκαριών που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωσή της (France.fr, 2024).

Κατά τη μακραίωνη ιστορία της, η Παναγία των Παρισίων συνδέθηκε στενά με καθοριστικά γεγονότα της γαλλικής ιστορίας και λειτούργησε ως τόπος θρησκευτικών, πολιτικών και εθνικών τελετών (Friends of Notre-Dame de Paris, 2026). Υπέστη φθορές και αλλοιώσεις, ιδίως κατά τη Γαλλική Επανάσταση, ενώ τον 19ο αιώνα η ανανεωμένη κοινωνική ευαισθησία για το μνημείο, στην οποία συνέβαλε και το μυθιστόρημα «Η Παναγία των Παρισίων» του Victor Hugo, οδήγησε σε εκτεταμένη αποκατάσταση με τον

Eugène Viollet-le-Duc, ο οποίος επανασχεδίασε και το εμβληματικό βέλος του ναού (Cathédrale Notre-Dame de Paris, 2024·France.fr, 2024).

Η σημασία του μνημείου δεν εξαντλείται στην αισθητική ή θρησκευτική του διάσταση, αλλά συνδέεται με την ιστορική συνέχεια του Παρισιού ως πρωτεύουσας και με τον τρόπο με τον οποίο το αστικό τοπίο κατά μήκος του Σηκουάνα συμπυκνώνει διαδοχικά στρώματα ευρωπαϊκής ιστορίας, τέχνης και πολεοδομίας (UNESCO World Heritage Centre, 1991). Η Notre-Dame είναι μνημείο παγκόσμιας εμβέλειας, φορέα συλλογικής μνήμης, πολιτισμικής ταυτότητας και διεθνούς συμβολισμού (France.fr, 2024·UNESCO World Heritage Centre, 1991).

4.2 Η πυρκαγιά του 2019 και πιθανά αίτια

Στις 15 Απριλίου 2019 ξέσπασε πυρκαγιά στη στέγη της Notre-Dame de Paris, προκαλώντας μία από τις σοβαρότερες σύγχρονες καταστροφές σε μνημείο παγκόσμιας πολιτιστικής σημασίας (Amiel and Reuters, 2019). Η φωτιά εξαπλώθηκε γρήγορα στον ξύλινο φορέα της οροφής, κατέστρεψε μεγάλο τμήμα της στέγης και προκάλεσε την κατάρρευση του βέλους, ενώ προξένησε σοβαρές φθορές σε δομικά και λειτουργικά τμήματα του ναού (France.fr, 2024).

Παρά το μέγεθος της καταστροφής, σημαντικά μέρη του μνημείου διασώθηκαν, μεταξύ των οποίων η κύρια λιθόκτιστη δομή, οι δυτικοί πύργοι και σημαντικός αριθμός έργων τέχνης και θρησκευτικών κειμηλίων, γεγονός που επέτρεψε την έναρξη ενός ιδιαίτερα απαιτητικού και σύνθετου προγράμματος αποκατάστασης (France.fr, 2024). Η διεθνής αντίδραση υπήρξε άμεση, καθώς η πυρκαγιά δεν θεωρήθηκε μόνο γαλλική απώλεια, αλλά πλήγμα σε ένα μνημείο οικουμενικής αξίας, ενταγμένο στον κατάλογο της Παγκόσμιας Κληρονομιάς (UNESCO World Heritage Centre, 1991).

Ως προς τα αίτια, οι έρευνες των γαλλικών αρχών δεν κατέληξαν σε ενδείξεις σκόπιμου εμπρησμού, αλλά αντιμετώπισαν εξ αρχής την πυρκαγιά ως πιθανό ατύχημα (Nossiter, 2019). Οι βασικότερες υποθέσεις που εξετάστηκαν αφορούσαν είτε δυσλειτουργία ή βραχυκύκλωμα στο ηλεκτρικό σύστημα, είτε ανθρώπινη αμέλεια, όπως

ατελής απόσβεσης τσιγάρου από εργαζόμενο στο εργοτάξιο αποκατάστασης (UNESCO World Heritage Centre, 1991·Amiel and Reuters, 2019·Nossiter, 2019).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι η πυρκαγιά εκδηλώθηκε σε περίοδο εκτέλεσης εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης, σε ένα περιβάλλον αυξημένης τεχνικής πολυπλοκότητας με ικριώματα, προσωρινές εγκαταστάσεις και εργοταξιακές παρεμβάσεις (Nossiter, 2019). Το συμβάν μπορεί να ερμηνευθεί ως χαρακτηριστική περίπτωση ανθρωπογενούς καταστροφής που δεν σχετίζεται με πρόθεση, αλλά με πιθανή αμέλεια, τεχνική αστοχία και ελλείψεις στη διαχείριση κινδύνου και στην πυρασφάλεια ενός μνημείου υψηλής τρωτότητας (Cathédrale Notre-Dame de Paris, 2024·Amiel and Reuters, 2019).

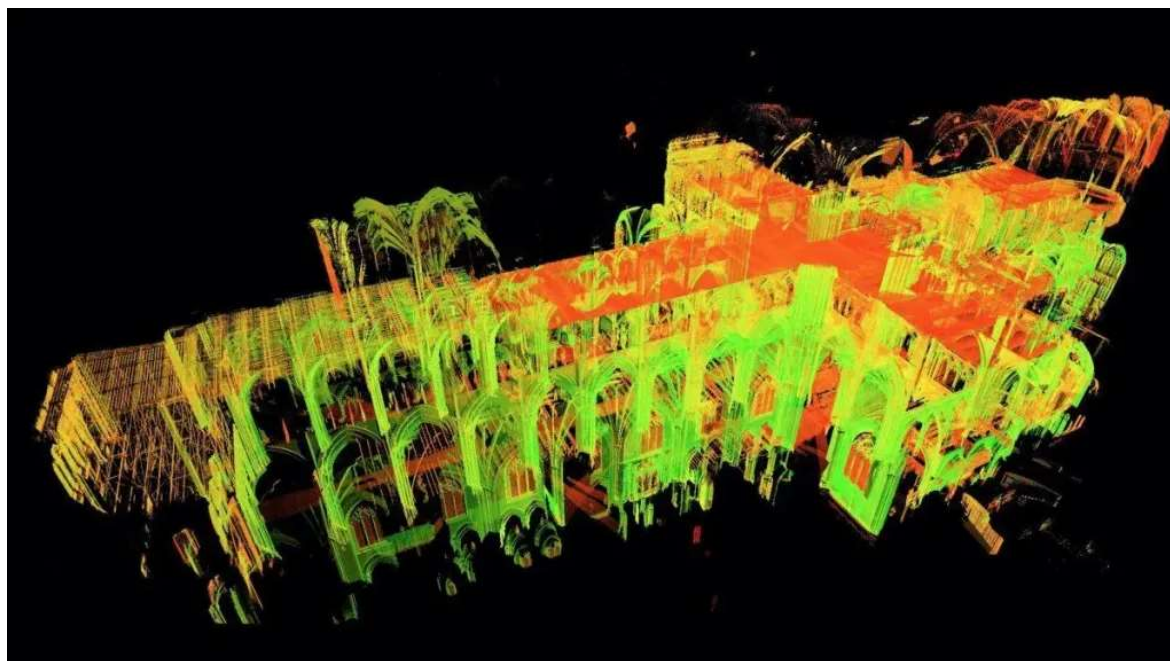
Η περίπτωση της Notre-Dame αναδεικνύει με ιδιαίτερη σαφήνεια ότι ακόμη και τα πλέον εμβληματικά και θεσμικά προστατευόμενα μνημεία παραμένουν ευάλωτα όταν συνυπάρχουν παλαιά δομικά υλικά, σύνθετες επεμβάσεις αποκατάστασης και ανεπαρκώς θωρακισμένα συστήματα πρόληψης και έγκαιρης ανίχνευσης κινδύνων (UNESCO World Heritage Centre, 1991·Amiel and Reuters, 2019). Για τον λόγο αυτό, η πυρκαγιά του 2019 συνιστά κομβικό παράδειγμα για τη μελέτη της σχέσης ανάμεσα στην πολιτιστική κληρονομιά, στους ανθρωπογενείς κινδύνους και στην ανάγκη αξιοποίησης προηγμένων τεχνολογιών προστασίας και αποκατάστασης (France.fr, 2024·UNESCO World Heritage Centre, 1991).

4.3 Η αποκατάσταση και αναστήλωση της Notre-Dame de Paris και ο ρόλος των νέων τεχνολογιών

Μετά την πυρκαγιά της 15ης Απριλίου 2019, η αποκατάσταση αναδείχθηκε σε ένα από τα σημαντικότερα διεθνή εγχειρήματα προστασίας πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς το ζητούμενο δεν ήταν μόνο η στατική διάσωση του μνημείου, αλλά και η αποκατάσταση της ιστορικής, αισθητικής και συμβολικής του ακεραιότητας (UNESCO World Heritage Centre, 1991). Η αναστήλωση οργανώθηκε γύρω από την αρχή της πιστής επαναφοράς του ναού στην προ της πυρκαγιάς μορφή του, με σεβασμό στα αυθεντικά υλικά, στις

παραδοσιακές τεχνικές και στην ιστορική φυσιογνωμία του μνημείου (France.fr, 2024· Medievalists.net, 2024).

Η πρώτη φάση των εργασιών επικεντρώθηκε στη σταθεροποίηση του κτηρίου, στην απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών, στην ασφάλιση των θόλων και των αντηρίδων και στη δημιουργία συνθηκών ασφαλούς πρόσβασης για τους ειδικούς επιστήμονες και τεχνίτες (France.fr, 2024). Παράλληλα, η αποκατάσταση δεν στηρίχθηκε αποκλειστικά σε παραδοσιακές μεθόδους, αλλά σε ένα υβριδικό μοντέλο, όπου η ιστορική τεχνογνωσία συνδυάστηκε με ψηφιακή τεκμηρίωση υψηλής ακρίβειας, τρισδιάστατη αποτύπωση και προηγμένα υπολογιστικά εργαλεία (CICES, 2022· Medievalists.net, 2024).



Εικόνα 3. 3-D laser scan of Notre Dame Cathedral. Andrew Tallon /

Κεντρικό ρόλο στη διαδικασία αυτή διαδραμάτισε η τρισδιάστατη ψηφιακή τεκμηρίωση του μνημείου. Πολύτιμη αποδείχθηκε η προϋπάρχουσα αποτύπωση της Notre-Dame με τεχνολογία laser scanning, ιδίως το έργο του Andrew Tallon, ο οποίος ήδη από τη δεκαετία του 2000 είχε δημιουργήσει εξαιρετικά ακριβή νέφη σημείων για την ανάλυση της γεωμετρίας και των παραμορφώσεων του ναού (Stocking, 2015, σ. 3–5). Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με νέες σαρώσεις, φωτογραμμετρικές αποτυπώσεις και καταγραφή των μεταπυρικών συνθηκών, επέτρεψαν στους επιστήμονες να συγκρίνουν την

προϋπάρχουσα κατάσταση με τις βλάβες που προκάλεσε η πυρκαγιά και να τεκμηριώσουν με ακρίβεια το εύρος της καταστροφής (LUX Church Heritage, 2025).

Σε αυτή τη βάση αναπτύχθηκαν τρισδιάστατα μοντέλα και μορφές digital twin ή «ψηφιακού διδύμου», τα οποία λειτούργησαν ως εικονικά εργαστήρια ανάλυσης, σχεδιασμού και δοκιμής εναλλακτικών σεναρίων επέμβασης (Dassault Systèmes, 2025· LUX Church Heritage, 2025). Η σημασία αυτών των εργαλείων υπήρξε καθοριστική, καθώς επέτρεψαν την «ψηφιακή» ανακατασκευή του ναού, περιορίζοντας το περιθώριο σφάλματος και υποστηρίζοντας τη λήψη αποφάσεων σε ένα μνημείο εξαιρετικά σύνθετης μορφολογίας και υψηλής ιστορικής ευαισθησίας (CICES, 2022).

Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης και των συναφών υπολογιστικών εφαρμογών υπήρξε επίσης σημαντικός. Αξιοποιήθηκε κυρίως για την επεξεργασία πολύ μεγάλου όγκου οπτικών και γεωμετρικών δεδομένων, για τη συρραφή και ερμηνεία εικόνων υψηλής ανάλυσης, καθώς και για την υποστήριξη της δημιουργίας ακριβών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων του μνημείου (Lawson-Tancred, 2025· Dassault Systèmes, 2025). Μέσα από τέτοιες εφαρμογές κατέστη δυνατή η ταχύτερη οργάνωση της γνώσης γύρω από τη μορφή, τις βλάβες και τις επεμβάσεις του ναού, σε άμεση συνάφεια με όσα αναπτύσσονται στη θεωρία της εργασίας για την υπολογιστική όραση, τη μηχανική μάθηση και την ψηφιακή ανάλυση μνημείων (Lawson-Tancred, 2025).

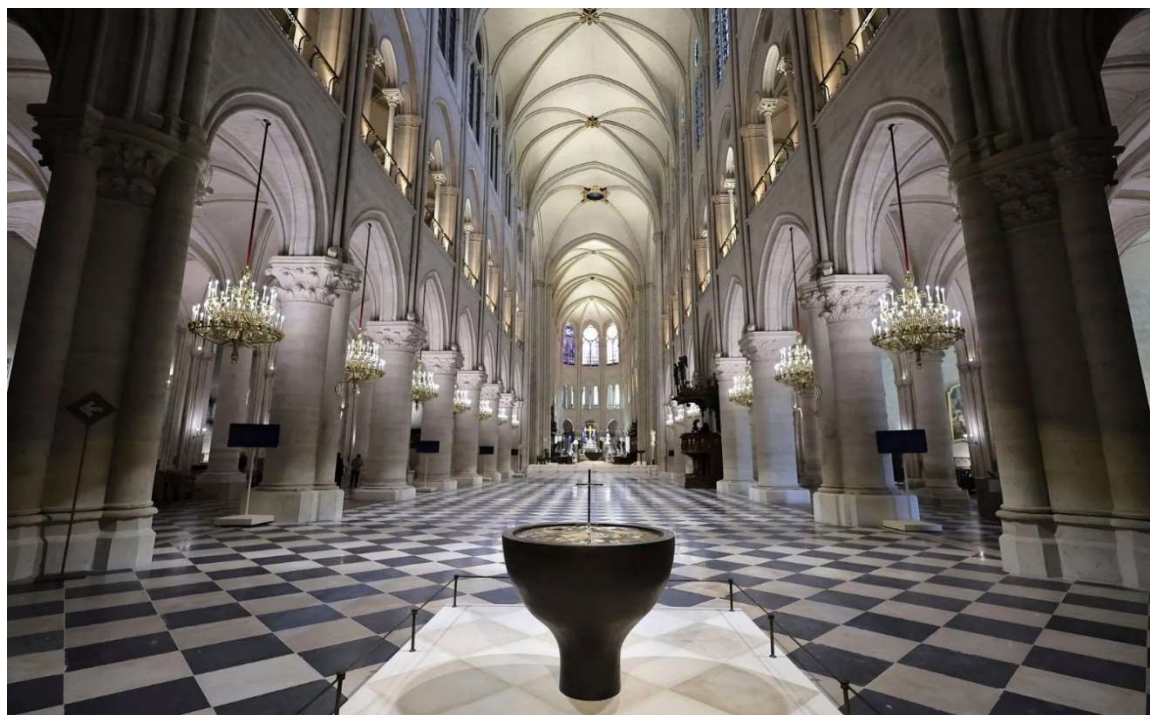
Παράλληλα, ιδιαίτερη συμβολή είχαν οι τεχνολογίες φωτογραμμετρίας, οι εναέριες λήψεις και η χρήση μη επανδρωμένων συστημάτων, καθώς επέτρεψαν την ασφαλή παρακολούθηση δυσπρόσιτων και επικίνδυνων σημείων του κτηρίου χωρίς άμεση ανθρώπινη έκθεση σε επισφαλείς συνθήκες (Lawson-Tancred, 2025· LUX Church Heritage, 2025). Η πρακτική αυτή επιβεβαιώνει τον κρίσιμο ρόλο των UAV και της απομακρυσμένης οπτικής τεκμηρίωσης στην αποτύπωση, αξιολόγηση βλαβών και υποστήριξη επεμβάσεων σε μνημεία που έχουν υποστεί καταστροφές.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η αποκατάσταση της Notre-Dame χαρακτηρίστηκε από μια συνειδητή επιλογή επανασύνδεσης με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής. Για την ανακατασκευή της ξύλινης στέγης και του βέλους χρησιμοποιήθηκαν δρύινα ξύλα και τεχνικές ξυλοδεσίας που προσεγγίζουν τις μεθόδους του Μεσαίωνα, επιλογή που στόχευε

όχι μόνο στη μορφολογική αποκατάσταση αλλά και στη διατήρηση της υλικής και τεχνικής αυθεντικότητας του μνημείου (Medievalists.net, 2024).

Επιπλέον, η λογική του ψηφιακού διδύμου δεν περιορίζεται μόνο στη φάση της αποκατάστασης, αλλά αποκτά αξία και για το μέλλον του μνημείου, καθώς μπορεί να στηρίξει μακροχρόνια συστήματα πρόληψης, παρακολούθησης και διαχείρισης κινδύνου (Lawson-Tancred, 2025·LUX Church Heritage, 2025). Ένα τέτοιο ψηφιακό υπόβαθρο μπορεί να αξιοποιηθεί για συγκριτικές μετρήσεις, έλεγχο φθορών, εκτίμηση δομικής συμπεριφοράς, σχεδιασμό παρεμβάσεων συντήρησης και βελτίωση της πυρασφάλειας, στοιχείο που συνδέεται άμεσα με την ανάγκη μετάβασης από την παθητική προστασία στη συνεχή, «έξυπνη» επιτήρηση των πολιτιστικών μνημείων (LUX Church Heritage, 2025).

Πέντε χρόνια μετά τη νύχτα της πυρκαγιάς, στις 7 Δεκεμβρίου 2024, ο καθεδρικός ναός της Παναγίας των Παρισίων άνοιξε ξανά τις πόλες του στο κοινό, σηματοδοτώντας το τέλος μιας επώδυνης περιόδου και την αρχή μιας νέας φάσης στη ζωή του μνημείου. Η επαναλειτουργία του ναού, συχνά περιγραφόμενη ως «έργο του αιώνα», δεν αποκατέστησε



Εικόνα 4. Η Παναγία των Παρισίων ανοίγει ξανά τις πόρτες της Christophe Petit Tesson, Pool via AP

μόνο την υλική υπόσταση ενός εμβληματικού μνημείου, αλλά ανέδειξε και την ικανότητα των κοινωνιών να επιστρατεύουν τεχνογνωσία, δημιουργικότητα και συλλογική κινητοποίηση για την υπεράσπιση των συμβόλων της πολιτιστικής τους κληρονομιάς (Μουζακίτη, 2024).

Η αποκατάσταση της Notre-Dame de Paris συνιστά χαρακτηριστική περίπτωση όπου η πολιτιστική διαχείριση, η αποκατάσταση μνημείων και οι ψηφιακές τεχνολογίες συναντώνται σε ένα κοινό σημείο εφαρμογής. Η αντιμετώπιση μιας ανθρωπογενούς καταστροφής σε μνημείο παγκόσμιας εμβέλειας δεν μπορεί πλέον να βασίζεται μόνο στις παραδοσιακές αρχές της αναστήλωσης, αλλά απαιτεί συνδυασμό ιστορικής γνώσης, διεπιστημονικής συνεργασίας, ψηφιακής τεκμηρίωσης, τρισδιάστατης ανακατασκευής και επιλεγμένων εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης (Dassault Systèmes, 2025·CICES, 2022).

4.4 Δυσκολίες, Προκλήσεις και Όρια των Τεχνολογικών Λύσεων

Παρά τον εμβληματικό χαρακτήρα της αποκατάστασης της Notre-Dame de Paris και τη συστηματική αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών, το έργο αντιμετώπισε σοβαρές τεχνικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές δυσκολίες, οι οποίες ανέδειξαν τόσο τις δυνατότητες όσο και τους περιορισμούς των τεχνολογικών προσεγγίσεων στη διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η κριτική αξιολόγηση αυτών των προκλήσεων είναι κρίσιμη για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η προστασία των μνημείων διαμορφώνεται στην πράξη, υπό συνθήκες πίεσης, αβεβαιότητας και συγκρουόμενων προτεραιοτήτων.

Μία από τις σοβαρότερες δυσκολίες ήταν η εκτεταμένη μόλυνση από μόλυβδο. Η στέγη και ο πύργος της Notre-Dame ήταν καλυμμένα με περίπου 400–460 τόνους μολύβδου, ο οποίος έλιωσε κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς σε θερμοκρασίες που έφταναν τους 1.200 βαθμούς Κελσίου, απελευθερώνοντας τοξικά σωματίδια στην ατμόσφαιρα (Van Geen et al., 2020·Tannous, 2019). Δοκιμές αποκάλυψαν επίπεδα μόλυνσης έως και 500–800 φορές υψηλότερα από το επίσημο ασφαλές όριο σε διάφορες τοποθεσίες γύρω από το μνημείο, με γειτονικά σχολεία να καταγράφουν 698 μικρογραμμάρια ανά τετραγωνικό μέτρο, όταν το όριο είναι 70 μικρογραμμάρια (Noce, 2019). Αυτό οδήγησε στο κλείσιμο σχολείων και στη διακοπή των εργασιών για τρεις εβδομάδες τον Αύγουστο του 2019

(Noce, 2019). Η περιφερειακή υγειονομική υπηρεσία εξέτασε 162 παιδιά, εκ των οποίων ένα χαρακτηρίστηκε «ενεργά σε κίνδυνο» και 16 άλλα τέθηκαν σε προληπτική παρακολούθηση (Noce, 2019·Tannous, 2019).

Η αργοπορημένη αντίδραση των αρχών ανέδειξε ζητήματα κοινωνικής δικαιοσύνης και διαφάνειας. Η περιβαλλοντική οργάνωση Robin des Bois κατέθεσε αγωγή κατά των γαλλικών αρχών για «σκοπίμη έκθεση ανθρώπων σε κίνδυνο», επικρίνοντας την αρχική υποτίμηση του κινδύνου και την έλλειψη έγκαιρων προειδοποιήσεων προς τους κατοίκους (Noce, 2019·Tannous, 2019). Η απολύμανση ενός μόνο σχολείου κόστισε περίπου 200.000 ευρώ, ενώ το συνολικό κόστος της περιβαλλοντικής αποκατάστασης παραμένει ασαφές (Tannous, 2019). Η πρόκληση αυτή ανέδειξε τη σύνθετη σχέση μεταξύ τεχνολογικής αποκατάστασης, ιστορικής ακεραιότητας και δημόσιας υγείας: μολονότι οι τεχνολογίες παρακολούθησης συνέβαλαν στην ανίχνευση της μόλυνσης, η χρήση παραδοσιακών υλικών, όπως ο μόλυβδος, για λόγους ιστορικής ακρίβειας συγκρούστηκε με σύγχρονες ανησυχίες περιβαλλοντικής ασφάλειας. Το γεγονός ότι η νέα στέγη κατασκευάστηκε και πάλι με μόλυβδο έχει τροφοδοτήσει συζητήσεις για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα τέτοιων επιλογών και την προτεραιοποίηση της αυθεντικότητας έναντι της δημόσιας ασφάλειας.

Η πανδημία COVID-19 προκάλεσε σημαντικές καθυστερήσεις, με τις εργασίες να διακόπτονται επ' αόριστον κατά την πρώτη καραντίνα (Guenfoud, 2020). Οι εργασίες επανεκκίνησαν τον Ιούνιο του 2020, με την αποσυναρμολόγηση των απανθρακωμένων ικριωμάτων που ζύγιζαν πάνω από 200 τόνους και στηρίζονταν επικίνδυνα επάνω στους θόλους (Global News, 2020). Η πανδημία ανέδειξε τους περιορισμούς που επιβάλλουν εξωγενείς παράγοντες στην υλοποίηση φιλόδοξων χρονοδιαγραμμάτων.

Ως προς τις τεχνικές προκλήσεις, η κατασκευή παρέμεινε εξαιρετικά υγρή από τις προσπάθειες κατάσβεσης, με εκτιμήσεις ότι μπορεί να χρειαστούν έως και δέκα έτη για να στεγνώσει πλήρως η τοιχοποιία (Dege, 2022). Αυτό δημιούργησε επιπλοκές, καθώς ό,τι ζωγραφίζεται ή σκαλίζεται επάνω σε υγρή τοιχοποιία ενδέχεται να μην αντέξει μακροπρόθεσμα (Dege 2022). Η φάση ασφαλείας κατανάλωσε ολόκληρο το πρώτο έτος, με την απομάκρυνση όλων των παραθύρων και την τοποθέτηση πρόσθετων πυλώνων για την ανακούφιση της πίεσης στις αντηρίδες (Dege 2022).

Η ανθρώπινη κλίμακα του έργου ήταν εντυπωσιακή. Περίπου 2.000 τεχνίτες, συμπεριλαμβανομένων μελών της μεσαιωνικής συντεχνίας Compagnons du Devoir, συνέβαλαν στην ανοικοδόμηση (Kreport, 2024). Χρησιμοποιήθηκαν 1.500 δέντρα βελανιδιάς ηλικίας περίπου 150 ετών, 3.000 χειροποίητοι πείροι και 1.300 κυβικά μέτρα ασβεστόλιθου, ενώ καθαρίστηκαν 42.000 τετραγωνικά μέτρα επιφανειών (Kreport, 2024). Η χρηματοδότηση έφτασε τα 846 εκατομμύρια ευρώ από 340.000 δωρητές σε 150 χώρες, με περίπου 140 εκατομμύρια να απομένουν για την τρίτη φάση (Kreport, 2024). Αυτή η άνευ προηγουμένου κινητοποίηση αναδεικνύει τη συμβολική αξία του μνημείου ως παγκόσμια κληρονομιά.

Η αποκατάσταση προκάλεσε επίσης έντονες κοινωνικές αντιπαραθέσεις σχετικά με το αν ο ναός θα έπρεπε να επαναφερθεί «όπως ήταν» ή να ενσωματώσει σύγχρονα στοιχεία. Ο Πρόεδρος Macron ανακοίνωσε αρχικά διεθνή διαγωνισμό για σύγχρονο σχεδιασμό του πύργου (Cigainero, 2019), αλλά η ιδέα συνάντησε ισχυρή αντίσταση, με πάνω από το 70% των ερωτηθέντων να αντιτίθενται σε οποιοδήποτε σύγχρονο σχέδιο (Pailliez and Baker, 2019). Τελικά, το 2020 αποφασίστηκε η πιστή ανακατασκευή του πύργου του Viollet-le-Duc, αντανakλώντας την κυρίαρχη δημόσια προτίμηση για ιστορική συνέχεια έναντι αρχιτεκτονικού πειραματισμού (Ravenscroft, 2020).

Ακόμη μεγαλύτερη αντίδραση προκάλεσαν οι προτάσεις της Αρχιεπισκοπής για σύγχρονη αναδιοργάνωση του εσωτερικού, με φωτεινές προβολές βιβλικών αποσπασμάτων σε πολλές γλώσσες, αντικατάσταση ψάθινων καρεκλών με «κινητά παγκάκια» και παρεκκλήσια με θεματικές όπως «Ασία» και «Αφρική» (Noce, 2021). Εκατό Γάλλοι διανοούμενοι επέκριναν δημόσια το σχέδιο, χρησιμοποιώντας όρους όπως «Disneyland» και «πολιτικά ορθός πειραματικός εκθεσιακός χώρος» (Noce, 2021·Cutieru, 2021). Ορισμένοι κριτικοί χαρακτήρισαν τις τελικές λειτουργικές εγκαταστάσεις «βαθιά και προσβλητικά άσχημες», αναδεικνύοντας την ένταση γύρω από το ζήτημα της αισθητικής και λειτουργικής ανανέωσης σε ένα ιστορικό μνημείο (Dipippo, 2024).

Περαιτέρω διαμάχες αφορούσαν την πρόταση της υπουργού Πολιτισμού για εισιτήριο, η οποία συνάντησε έντονη αντίδραση, καθώς η είσοδος στον καθεδρικό ναό ήταν παραδοσιακά δωρεάν (Kreport, 2024), καθώς και τις 42.327 υπογραφές κατά της κοπής αρχαίων βελανιδιών, ενέργεια που από ορισμένους χαρακτηρίστηκε ως «οικοκτονία»

(Kreport, 2024). Αυτές οι αντιπαραθέσεις αποκαλύπτουν βαθύτερες συγκρούσεις μεταξύ ιστορικής πιστότητας, οικονομικής βιωσιμότητας, περιβαλλοντικής ευθύνης και συμμετοχικής διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Παρά την κρίσιμη συμβολή των τεχνολογιών, η τρισδιάστατη σάρωση του Tallon παρείχε ανεκτίμητα δεδομένα, ενώ τα drones και οι αισθητήρες διευκόλυναν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, η αποκατάσταση της Notre-Dame ανέδειξε και σαφή όρια στη χρήση τους. Η τεχνολογία δεν μπορούσε να αντιμετωπίσει τη μόλυνση από μόλυβδο, να επιταχύνει το στέγνωμα της τοιχοποιίας ή να επιλύσει τις πολιτιστικές συγκρούσεις γύρω από την αυθεντικότητα. Παρά την επαναλειτουργία του ναού, το έργο δεν έχει ολοκληρωθεί και αναμένεται να αποπερατωθεί το 2028, επιβεβαιώνοντας τις επιφυλάξεις για το πενταετές χρονοδιάγραμμα (McGivern and Kenney, 2019· Ayers, 2025).

Η περίπτωση της Notre-Dame καταδεικνύει ότι η τεχνολογία μπορεί να υποστηρίξει, αλλά δεν υποκαθιστά τον χρόνο, την τεχνική εμπειρία, την περιβαλλοντική ευαισθησία και την προσεκτική κοινωνική διαπραγμάτευση που απαιτούνται για την πιστή αποκατάσταση ενός μνημείου παγκόσμιας κληρονομιάς.

4.5 Μελλοντική πρόληψη και διαχείριση ανθρωπογενών κινδύνων στη Notre-Dame de Paris

Η περίπτωση της Notre-Dame de Paris ανέδειξε με δραματικό τρόπο ότι η προστασία ενός μνημείου παγκόσμιας πολιτιστικής αξίας απαιτεί ένα ολοκληρωμένο και δυναμικό σύστημα πρόληψης, παρακολούθησης και διαχείρισης κινδύνων (UNESCO World Heritage Centre, 2008). Η μελλοντική θωράκιση της Notre-Dame δεν πρέπει να περιορίζεται στον κίνδυνο πυρκαγιάς, όσο καθοριστικός κι αν υπήρξε το 2019, αλλά να επεκτείνεται και σε άλλες ανθρωπογενείς απειλές, όπως η υπερβολική επισκεψιμότητα, ο βανδαλισμός, οι σκόπιμες επιθέσεις, οι συνέπειες πολεμικών ή γεωπολιτικών εντάσεων, καθώς και οι περιβαλλοντικές πιέσεις που εντείνονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα (UNESCO, 2024).

Πρώτος και βασικότερος άξονας παραμένει η πρόληψη και η έγκαιρη ανίχνευση πυρκαγιάς, καθώς η φωτιά του 2019 κατέδειξε πόσο εύαλωτα μπορούν να αποδειχθούν ακόμη και τα πλέον εμβληματικά μνημεία όταν συνυπάρχουν ιστορικά εύφλεκτα υλικά,

εργοταξιακές επεμβάσεις και ανεπαρκείς μηχανισμοί άμεσου εντοπισμού (UNESCO, 2024). Η σύγχρονη προσέγγιση προκρίνει την εγκατάσταση πολυεπίπεδων συστημάτων πυρασφάλειας, με θερμικές κάμερες, αισθητήρες θερμοκρασίας και καπνού, συνεχή κεντρική επιτήρηση και αυστηρό έλεγχο των «θερμών εργασιών» κατά τη διάρκεια τεχνικών παρεμβάσεων, ώστε ο εντοπισμός πιθανών εστιών να πραγματοποιείται στο αρχικό τους στάδιο (Guibaud et al., 2024:145-154). Η ενσωμάτωση θερμικών καμερών και νέων εγκαταστάσεων πυροπροστασίας αποτυπώνει αυτή τη μετατόπιση από μια παθητική λογική ασφάλειας σε καθεστώς μόνιμης παρακολούθησης και προληπτικής αντίδρασης (CTIF, 2024).

Δεύτερος άξονας είναι η διαχείριση της αυξημένης επισκεψιμότητας και του τουριστικού φορτίου, που συνιστούν σοβαρή ανθρωπογενή πίεση για τα μνημεία παγκόσμιας κληρονομιάς. Η UNESCO έχει επισημάνει ότι η τουριστική πίεση μπορεί να υπονομεύσει την ακεραιότητα και τη διαχειριστική αντοχή των μνημείων, ιδίως όταν δεν υφίστανται κατάλληλα συστήματα ελέγχου ροών και φέρουσας ικανότητας (UNESCO World Heritage Centre, 2016). Η επαναλειτουργία του ναού μετά την αποκατάσταση συνεπάγεται την ανάγκη για έξυπνη ρύθμιση της εισόδου, οργάνωση χρονικών ζωνών επισκέψεων, ψηφιακή διαχείριση κρατήσεων, παρακολούθηση της πυκνότητας επισκεπτών και χρήση προσομοιώσεων πλήθους, ώστε να μειώνονται τόσο οι φυσικές φθορές όσο και οι κίνδυνοι ατυχημάτων (World Bank, 2018).

Τρίτος άξονας αφορά την πρόληψη βανδαλισμών, σκόπιμων φθορών και επιθέσεων σε βάρος του μνημείου. Τα πολιτιστικά μνημεία υψηλής συμβολικής αξίας αποτελούν συχνά στόχους παραβατικών ή ιδεολογικά φορτισμένων ενεργειών, ενώ η αυξημένη επισκεψιμότητα μπορεί να εντείνει την πιθανότητα μικρής ή μεγαλύτερης κλίμακας βλαβών σε γλυπτά, επιφάνειες, κινητά αντικείμενα και λειτουργικούς χώρους (ICCROM et al., 2010). Για τον λόγο αυτό, η προστασία της Notre-Dame πρέπει να περιλαμβάνει ελεγχόμενα σημεία πρόσβασης, ενισχυμένη διακριτική επιτήρηση, έξυπνα συστήματα καμερών, ανάλυση συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο και ψηφιακή καταγραφή συμβάντων, ώστε η πρόληψη να βασίζεται σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο περιβάλλον ασφάλειας (ICCROM et al., 2010:8-13).

Τέταρτος άξονας σχετίζεται με την ανθεκτικότητα του μνημείου απέναντι σε ένοπλες συγκρούσεις, τρομοκρατικές απειλές και ευρύτερες γεωπολιτικές εντάσεις. Παρότι η Notre-Dame δεν βρίσκεται σήμερα σε εμπόλεμη ζώνη, η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι μνημεία υψηλού συμβολισμού μπορούν να καταστούν στόχοι, άμεσα ή έμμεσα, ως φορείς εθνικής και θρησκευτικής ταυτότητας (UNESCO, 2026). Υπό αυτή την οπτική, η διαχείριση ανθρωπογενών κινδύνων οφείλει να συμπεριλαμβάνει σενάρια κρίσεων που αφορούν επιθέσεις, κοινωνικές αναταραχές ή έκτακτες συνθήκες ασφαλείας, καθώς και σχέδια προστασίας κινητών θησαυρών, διατήρησης ψηφιακών αντιγράφων τεκμηρίωσης και διαλειτουργικότητας μεταξύ πολιτιστικών αρχών, σωμάτων ασφαλείας και υπηρεσιών πολιτικής προστασίας (ICCROM et al., 2010:8-13).

Πέμπτος άξονας είναι οι περιβαλλοντικές πιέσεις ανθρωπογενούς προέλευσης, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κλιματική αλλαγή, οι ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές και τα έντονα καιρικά φαινόμενα, που επιταχύνουν τη φθορά των δομικών υλικών και αυξάνουν τη συνολική τρωτότητα των μνημείων (UNESCO World Heritage Centre, 2016·UK National Commission for UNESCO and PRAXIS, 2021). Για τη Notre-Dame, η πρόληψη οφείλει να περιλαμβάνει συστηματική μέτρηση μικροκλιματικών συνθηκών, παρακολούθηση υγρασίας, θερμικών καταπονήσεων και χημικής φθοράς των λίθινων και μεταλλικών στοιχείων, ώστε να επιτρέπεται η έγκαιρη διάγνωση μακροχρόνιων αλλοιώσεων πριν αποκτήσουν μη αναστρέψιμο χαρακτήρα (ICCROM et al., 2010:8-13).

Στο σημείο αυτό καθίσταται κρίσιμη η συμβολή των νέων τεχνολογιών και της τεχνητής νοημοσύνης στη συγκρότηση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου πρόληψης. Η δημιουργία και διατήρηση ενός ψηφιακού διδύμου της Notre-Dame, διαρκώς ενημερωμένου με δεδομένα από αισθητήρες, θερμικές κάμερες, τρισδιάστατες σαρώσεις, φωτογραμμετρία και επιτόπιες επιθεωρήσεις, μπορεί να λειτουργήσει ως «ζωντανός» μηχανισμός παρακολούθησης της κατάστασης του μνημείου και των μεταβαλλόμενων κινδύνων του (Dassault Systèmes, 2025·LUX Church Heritage, 2025). Μέσα σε ένα τέτοιο σύστημα, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλει στην επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων, στην αναγνώριση προτύπων απόκλισης, στην πρόβλεψη φθορών, στην ανίχνευση ασυνήθιστης συμπεριφοράς επισκεπτών και στη βελτιστοποίηση αποφάσεων

συντήρησης και ασφάλειας, συνδέοντας άμεσα την τεχνολογική καινοτομία με τους τρεις λειτουργικούς άξονες της εργασίας: ανίχνευση, πρόληψη και αντιμετώπιση (UNESCO, 2024).

Εξίσου σημαντική είναι η ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων, το οποίο δεν θα αντιμετωπίζει κάθε απειλή απομονωμένα, αλλά θα λειτουργεί συνολικά, συνδέοντας πυρασφάλεια, επισκεψιμότητα, προστασία από βανδαλισμούς, επιχειρησιακή ασφάλεια, περιβαλλοντική παρακολούθηση και στρατηγικές ανάκαμψης (ICCROM et al., 2010:8-13· UNESCO World Heritage Centre, 2008). Ένα τέτοιο σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει τακτική εκπαίδευση προσωπικού, επαναλαμβανόμενες ασκήσεις ετοιμότητας, συνεργασία με εξωτερικούς φορείς έκτακτης ανάγκης, επικαιροποίηση πρωτοκόλλων βάσει νέων δεδομένων και ενεργό συμμετοχή της τοπικής κοινότητας και των χρηστών του μνημείου, σύμφωνα με τις σύγχρονες κατευθύνσεις της UNESCO για την πολιτιστική ανθεκτικότητα (UNESCO, 2025a).

Συνολικά, η μελλοντική προστασία της Notre-Dame de Paris πρέπει να στηρίζεται σε μια διευρυμένη αντίληψη ανθρωπογενών κινδύνων, σύμφωνα με την οποία η πυρκαγιά είναι μία μόνον, έστω εμβληματική, εκδήλωση ενός ευρύτερου φάσματος απειλών που συνδέονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα, τις τεχνολογικές ανεπάρκειες, την κοινωνική πίεση και τις περιβαλλοντικές μεταβολές που η ίδια η ανθρωπότητα επιτείνει (UNESCO World Heritage Centre, 2008).

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία ανέδειξε ότι τα πολιτιστικά μνημεία βρίσκονται ολοένα και περισσότερο αντιμέτωπα με ένα σύνθετο φάσμα ανθρωπογενών κινδύνων, που εκτείνεται από τις ένοπλες συγκρούσεις και την παράνομη διακίνηση πολιτιστικών αγαθών έως την αμέλεια, τις τεχνολογικές αστοχίες, την ανεξέλεγκτη τουριστική ανάπτυξη και τις περιβαλλοντικές πιέσεις που εντείνονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Καθίσταται σαφές ότι η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς δεν συνιστά μια στατική διαδικασία “φύλαξης” αντικειμένων, αλλά μια δυναμική, διαρκή και βαθιά ανθρώπινη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων, λήψης αποφάσεων και διαπραγμάτευσης αξιών.

Η διερεύνηση των τεχνολογικών εργαλείων ανέδειξε ότι μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά σε όλους τους άξονες προστασίας των πολιτισμικών μνημείων. Στην έγκαιρη ανίχνευση απειλών, στη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης διατήρησης, στη βελτιστοποίηση της πρόληψης και στον τεκμηριωμένο σχεδιασμό επεμβάσεων αποκατάστασης μετά από καταστροφικά συμβάντα. Ωστόσο, η αξιοποίησή τους δεν είναι αυτονόητη. Προϋποθέτει σαφές στρατηγική, επαρκή θεσμική στήριξη, διεπιστημονική συνεργασία και κριτική στάση απέναντι στα όρια, τις ηθικές προκλήσεις και τις ενδεχόμενες στρεβλώσεις που μπορεί να επιφέρει μια άκριτη τεχνοκρατική προσέγγιση.

Το παράδειγμα της Notre-Dame de Paris ανέδειξε με εμβληματικό τρόπο τόσο την τρωτότητα όσο και τις δυνατότητες ανθεκτικότητας των μνημείων. Η πυρκαγιά του 2019 ανέδειξε τις συνέπειες της αμέλειας, των διαχειριστικών αστοχιών και της ανεπαρκούς κουλτούρας πρόληψης, αλλά ταυτόχρονα λειτούργησε ως αφετηρία για μία ολοκληρωμένη προσέγγιση αποκατάστασης και μελλοντικής προστασίας, όπου η τρισδιάστατη τεκμηρίωση, τα ψηφιακά δίδυμα, οι αισθητήρες και τα προηγμένα συστήματα πυρασφάλειας συνδυάζονται με την αξιοποίηση παραδοσιακών υλικών και τεχνικών.

Πάντως, παρά την εντυπωσιακή πρόοδο των τεχνολογιών, το κεντρικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι ο άνθρωπος παραμένει ο σημαντικότερος και αναντικατάστατος παράγοντας στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι κοινότητες, οι επαγγελματίες της συντήρησης, οι επιστήμονες, οι φορείς διαχείρισης, οι θεσμοί και οι επισκέπτες δεν αποτελούν απλώς «χρήστες» ή «αποδέκτες» των τεχνολογικών λύσεων, αλλά συνδιαμορφωτές τους. Είναι αυτοί που ερμηνεύουν τα δεδομένα, παίρνουν τις

κρίσιμες αποφάσεις, αναλαμβάνουν την ευθύνη της πρόληψης, της τεκμηρίωσης και της επέμβασης, και τελικά καθορίζουν ποια μορφή προστασίας συνάδει με τις αξίες και τις προτεραιότητες της κάθε κοινωνίας.

Η τεχνητή νοημοσύνη και οι έξυπνες τεχνολογίες μπορούν να γίνουν ισχυροί σύμμαχοι, όχι όμως υποκατάστατα της ανθρώπινης κρίσης, της εμπειρίας, της ηθικής ευθύνης και της σχέσης φροντίδας που αναπτύσσεται ανάμεσα στις κοινωνίες και τα μνημεία τους. Η πρόκληση για τα επόμενα χρόνια δεν είναι να αντικατασταθεί ο άνθρωπος από «έξυπνα» συστήματα, αλλά να σχεδιαστούν μοντέλα διαχείρισης όπου η τεχνολογία θα ενισχύει την ανθρώπινη ικανότητα πρόληψης, λήψης αποφάσεων και συλλογικής προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς για να μπορεί να επιτευχθεί μια πραγματικά βιώσιμη και δίκαιη προστασία των μνημείων για τις επόμενες γενιές.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Abdul-Qawy, A.S., Pramod, P.J., Magesh, E. and Srinivasulu, T., 2015. The Internet of Things (IoT): An overview. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(12). Available at: <https://doi.org/10.9790/9622-051227182>.
- Agapiou, A., Lysandrou, V., Alexakis, D.D., Themistocleous, K., Cuca, B., Argyriou, A., Sarris, A. and Hadjimitsis, D.G., 2015. Cultural heritage management and monitoring using remote sensing data and GIS: The case study of Paphos area, Cyprus. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54.
- Amiel, S. and Reuters, 2019. Notre Dame fire investigation: Prosecutors investigate possibility of power fault or cigarette. *Euronews*, 26 June. Available at: <https://www.euronews.com/2019/06/26/notre-dame-fire-investigation-prosecutors-investigate-possibility-of-power-fault-or-cigare>.
- Araujo, A. L. (2019). The death of Brazil's National Museum. *The American Historical Review*, 124(2).
- Ayers, A., 2025. After accelerated but incomplete reconstruction, Notre-Dame de Paris reopens to the public. *Architectural Record*, 26 January. Available at: <https://www.architecturalrecord.com/articles/17247-after-accelerated-but-incomplete-reconstruction-notre-dame-de-paris-reopens-to-the-public>.
- Barzaghi, R., Reguzzoni, M., De Gaetani, C.I., Caldera, S. and Rossi, L., 2019. Cultural heritage monitoring by low-cost GNSS receivers: A feasibility study for San Gaudenzio's cupola, Novara. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-209-2019.
- Bell, J., 2022. What is machine learning? In: S. Carta, ed. *Machine learning and the city: applications in architecture and urban design*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. doi:10.1002/9781119815075.ch18.
- Bevan, R., 2006. *The destruction of memory: architecture at war*. London: Reaktion Books.

- Bitelli, G., Dellapasqua, M., Girelli, V.A., Sbaraglia, S. and Tini, M.A., 2017. Historical photogrammetry and terrestrial laser scanning for the 3D virtual reconstruction of destroyed structures: a case study in Italy. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5/W1. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-113-2017.
- Blue Shield International, 2022. *The Blue Shield emblem: guidance for use*. Blue Shield International. Available at: <https://theblueshield.org/download/the-1954-hague-convention-blue-shield-emblems-of-protection/>.
- Boesgaard, C., Vinther Hansen, B., Bøgvad Kejser, U., Møllerup, S., Ryhl-Svendsen, M. and Torp-Smith, N., 2022. Prediction of the indoor climate in cultural heritage buildings through machine learning: first results from two field tests. *Heritage Science*, 10(176). Available at: <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00805-3>.
- Borrmann, D., Heß, R., Houshiar, H., Eck, D., Schilling, K. and Nüchter, A., 2015. Robotic mapping of cultural heritage sites. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4. doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-9-2015.
- Brimblecombe, P., 1990. *The effects of air pollution on the built environment*. Singapore: World Scientific.
- Brodie, N., Doole, J. and Watson, P., 2000. *Stealing history: the illicit trade in cultural material*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research.
- Bruno, S., Galantucci, R.A. and Musicco, A., 2023. Decay detection in historic buildings through image-based deep learning. *VITRUVIO – International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 8(S1). doi:10.4995/vitruvio-ijats.2023.18662.
- Camuffo, D., 2019. *Microclimate for cultural heritage: measurement, risk assessment, conservation, restoration, and maintenance of indoor and outdoor monuments*. 3rd edn. Amsterdam: Elsevier.
- Candigliota, E. and Immordino, F., 2013. Historical heritage safeguard: remote sensing by drones for knowledge and emergency. *EAI Energia, Ambiente e Innovazione*.

- Cathédrale Notre-Dame de Paris, 2024. The history of Notre-Dame. *Notre-Dame de Paris—Official website*. Available at:
<https://www.notredamedeparis.fr/en/understand/history/>.
- Ceccarelli, M., Cafolla, D., Gallozzi, A. and Cigola, M., 2018. HeritageBot platform for service in cultural heritage frames. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 15(4). doi:10.1177/1729881418790692.
- Choi, S., 2005. The legal landscape of the international art market after Republic of Austria v. Altmann. *Northwestern Journal of International Law & Business*, 26(1). Available at:
<https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njilb/vol26/iss1/1/>.
- CICES, 2022. Using digital twin technology to restore the jewel of France. *Civil Engineering Surveyor*, October. Available at: <https://journals.cices.org/ces/ces-october-2022/features/using-digital-twin-technology-to-restore-the-jewel-of-france>.
- Cigainero, J., 2019. Debate over rebuilding Notre Dame. *NPR*, 29 August. Available at: <https://www.npr.org/2019/08/29/755323008/debate-over-rebuilding-notre-dame>.
- Council of Europe, 1985. *Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe (Granada Convention)*, Granada, 3 October. Strasbourg: Council of Europe. European Treaty Series, no. 121.
- Council of Europe, 2005. *Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society (Faro Convention, 2005)*. Council of Europe Treaty Series, no. 199. Faro, 27 October. Available at:
<https://www.coe.int/en/web/culture-and-heritage/faro-convention>.
- Cranmer, S.J. and Desmarais, B.A., 2017. What can we learn from predictive modeling? *Political Analysis*, 25(2). Available at:
<https://www.luigicurini.com/uploads/6/7/9/8/67985527/what-can-we-learn-from-predictive-modeling.pdf>.
- CTIF – International Association of Fire and Rescue Services, 2024. Notre Dame cathedral reopens towers with enhanced fire protection. *CTIF News*. Available at:

<https://www.ctif.org/news/notre-dame-cathedral-reopens-towers-enhanced-fire-protection>.

- Cutieru, A., 2021. Contemporary vision for Notre Dame's interior receives approval, sparking controversy. *ArchDaily*, 13 December. Available at: <https://www.archdaily.com/973482/contemporary-vision-for-notre-dames-interior-receives-approval-sparking-controversy>.
- Dassault Systèmes, 2025. How VR helped study Notre Dame Cathedral restoration. *3DS Blog*. Available at: <https://blog.3ds.com/topics/company-news/how-virtual-twins-helped-restore-notre-dame-cathedral/>.
- Dege, S., 2022. Restoration of Notre Dame remains a challenge. *Deutsche Welle*, 15 April. Available at: <https://www.dw.com/en/restoration-of-notre-dame-remains-a-challenge/a-61346946>.
- Demy, T.J. and Stone, P.G., 2012. Cultural heritage, ethics and the military. *Naval War College Review*, 65(2), article 15. Available at: <https://digital-commons.usnwc.edu/nwc-review/vol65/iss2/15>.
- Ding, S., Zhang, R., Liu, Y., Lu, P. and Liu, M., 2023. Visitor crowding at World Heritage Sites based on tourist spatial-temporal distribution: a case study of the Master-of-Nets Garden, China. *Journal of Heritage Tourism*, 18(5). doi:10.1080/1743873X.2023.2214680.
- Dipippo, G., 2024. A view of the newly restored Notre-Dame de Paris. *New Liturgical Movement*, 28 November. Available at: <https://www.newliturgicalmovement.org/2024/11/a-view-to-newly-restored-notre-dame-de.html>.
- Du, H., Yu, J., Wang, Y., Zhu, Y., Tang, Y., & Wang, H. (2022). Visualized failure prediction for the masonry Great Wall. *Buildings*, 12(12), 2224. <https://doi.org/10.3390/buildings12122224>
- European Commission, 2020. *Shaping Europe's digital future*. COM(2020) 67 final. Brussels: European Commission. Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/communication-shaping-europes-digital-future>.

- European Commission, 2021a. *European digital heritage*. Culture and Creativity – European Commission. Available at: <https://culture.ec.europa.eu/el/cultural-heritage/cultural-heritage-in-eu-policies/european-digital-heritage>.
- European Parliamentary Research Service, 2016. *Protection of cultural heritage in armed conflicts*. EPRS_BRI(2016)579081. Brussels: European Parliament. Available at: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/579081/EPRS_BRI\(2016\)579081_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/579081/EPRS_BRI(2016)579081_EN.pdf).
- European Union Aviation Safety Agency, 2024. *Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 and 2019/945)*. Revision from July 2024. Cologne: EASA. Available at: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulations-eu>.
- European Union, 2016. *Consolidated version of the Treaty on the Functioning of the European Union*, article 167. *Official Journal of the European Union*, C 202, 7.6.2016.
- Feilden, B.M. and Jokilehto, J., 1998. *Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites*. 2nd ed. Rome:ICCROM.
- Feilden, B.M., 2003. *Conservation of historic buildings*. 3rd edn. Oxford: Architectural Press.
- Ferreira, T. M., 2019. Notre Dame Cathedral: Another case in a growing list of heritage landmarks destroyed by fire. *Fire*, 2(2), 20. <https://doi.org/10.3390/fire2020020>
- Ferreira-Lopes, P., 2018. Achieving the state of research pertaining to GIS applications for cultural heritage by a systematic literature review. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018.
- France.fr, 2024. Notre Dame of Paris history from first stone to reconstruction. *France.fr*. Available at: <https://www.france.fr/en/article/10-dates-history-notre-dame/>.

- Fraunhofer IOSB-AST, 2020. *Underwater archaeology*. online Available at: <https://www.iosb-ast.fraunhofer.de/en/departments/Underwater-Robotics/Underwater-Archaeology.html>
- Friends of Notre-Dame de Paris, 2026. Progression through time. *Friends of Notre-Dame de Paris*. Available at: <https://www.friendsofnotredamedeparis.org/notre-dame-cathedral/history/progression-through-time/>.
- Gerstenblith, P., 2025. *Art, cultural heritage, and the law: cases and materials*. 5th ed. Durham, NC: Carolina Academic Press.
- Ghahramani, Z., 2015. Probabilistic machine learning and artificial intelligence. *Nature*, 521(7553). doi:10.1038/nature14541.
- Gill, D.W.J. and Chippindale, C., 1993. Material and intellectual consequences of esteem for Cycladic figures. *American Journal of Archaeology*, 97(4).601-659.
- Global News, 2020. Reconstruction work on Notre Dame cathedral restarts after coronavirus hiatus. 7 June. Available at: <https://globalnews.ca/news/7038299/notre-dame-reconstruction/>.
- Gokhale, P., Bhat, O. and Bhat, S., 2018. Introduction to IoT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*, 5(1), January. doi:10.17148/IARJSET.2018.517.
- Gomes, L., Bellon, O.R.P. and Silva, L., 2014. 3D reconstruction methods for digital preservation of cultural heritage: a survey. *Pattern Recognition Letters*, 50. doi:10.1016/j.patrec.2014.03.023.
- Goodfellow, I., Bengio, Y. and Courville, A., 2016. *Deep learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Graham, B., Ashworth, G.J. and Tunbridge, J.E., 2000. *A geography of heritage: power, culture and economy*. London: Arnold.
- Guenfoud, I., 2020. Restoration of Notre Dame resumes after being suspended by coronavirus lockdown. *ABC News*, 8 June. Available at: <https://abcnews.go.com/International/restoration-notre-dame-resumes-suspended-coronavirus-lockdown/story?id=71129777>.

- Guibaud, A., Mindeguia, J.-C., Albuérne, A., Parent, T. and Torero, J., 2024. Notre-Dame de Paris as a validation case to improve fire safety modelling in historic buildings. *Journal of Cultural Heritage*, 65. doi:10.1016/j.culher.2023.05.003.
- Hall, S., 1997. The centrality of culture: notes on the cultural revolutions of our time. In: K. Thompson, ed. *Media and cultural regulation*. London: Sage Publications in association with The Open University.
- Hollesen, J., Callanan, M., Dawson, T., Fenger-Nielsen, R., Friesen, T.M., Jensen, A.M., Markham, A., Martens, V.V., Pitulko, V.V. and Rockman, M., 2018. Climate change and the deteriorating archaeological and environmental archives of the Arctic. *Antiquity*, 92(363), pp.573–586. doi:10.15184/aqy.2018.8.
- ICCROM and Prince Claus Fund for Culture and Development, 2018. *First aid to cultural heritage in times of crisis*. A. Tandon, ed. Rome: ICCROM.
- ICCROM, 2012. *Protecting cultural heritage in times of conflict: contributions from the participants of the International course on First Aid to Cultural Heritage in Times of Conflict*. S. Lambert and C. Rockwell, eds. Rome: ICCROM.
- ICCROM, ICOMOS, IUCN and UNESCO World Heritage Centre, 2010. *Managing disaster risks for World Heritage*. Paris: UNESCO World Heritage Centre.
- ICOMOS and ICCROM, 2024. *Guidance on post-disaster and post-conflict recovery and reconstruction for heritage places of cultural significance and World Heritage cultural properties*. Sharjah: ICCROM Regional Office. Available at: https://www.iccrom.org/sites/default/files/publications/2024-02/en_icomos-iccrom_guidance_iccrom_2024.pdf.
- ICOMOS Sustainable Development Goals Working Group, 2019. *Concept note: producing the “ICOMOS Policy Guidance on Cultural Heritage for the Sustainable Development Goals”*. 16 September. Paris: ICOMOS.
- ICOMOS, 1964. International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter 1964). Adopted by ICOMOS in 1965. Venice: ICOMOS.

- ICOMOS, 1999. Principles for the Preservation of Historic Timber Structures. Paris: ICOMOS. Available at:
https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/wood_e.pdf.
- ICOMOS, 2011. International Cultural Tourism Charter: managing tourism at places of heritage significance. Available at:
https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/INTERNATIONAL_CULTURAL_TOURISM_CHARTER.pdf.
- ICOMOS, 2015. Cultural heritage, the UN Sustainable Development Goals, and the New Urban Agenda: concept note for the United Nations Post-2015 Agenda and the Third United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (HABITAT III). Prepared by J. Hosagrahar, J. Soule, L. Fusco Girard and A. Potts. 1 September. Paris: ICOMOS.
- ICOMOS, 2017. Guidance on post-trauma recovery and reconstruction for World Heritage cultural properties. Paris: ICOMOS. Available at:
<https://publ.icomos.org/publicomos/technica/724E2CE8DDA9FDEB6EDF512FBCE46F31>.
- ICOMOS, 2025. ICOMOS and the Blue Shield. Available at:
<https://www.icomos.org/advocacy/icomos-and-the-blue-shield/>.
- ICOMOS, 2026. Charters and other doctrinal texts. Available at:
<https://www.icomos.org/en/about-icomos/committees/scientific-council/doctrinal-texts>.
- International Council on Archives, 2024. Blue Shield. Available at:
<https://www.ica.org/discover-ica/our-mission-our-objectives/blue-shield/>.
- International Military Tribunal, 1947. Trial of the major war criminals before the International Military Tribunal, Nuremberg, 14 November 1945 – 1 October 1946. Volume I: official text in the English language. Nuremberg: International Military Tribunal. Available at: https://biotech.law.lsu.edu/Books/blue/pdf/NT_Vol-I.pdf.
- Jigyasu, R., 2013. *Heritage and resilience: issues and opportunities for reducing disaster risks*. Background paper prepared for the 4th Session of the Global Platform for Disaster Risk Reduction, Geneva, 19–23 May 2013. UNISDR/UNESCO/ICCROM/ICOMOS-ICORP.

- Jokilehto, J., 2006. Considerations on authenticity and integrity in the World Heritage context. *City & Time*, 2(1). Available at: https://blogs.ed.ac.uk/ear-journal/wp-content/uploads/sites/3710/2011/11/EAR_30_1.pdf.
- Krūmiņa, D., 2018. Cultural heritage 3D reconstruction from historical materials. Riga: Riga Technical University, Faculty of Building and Civil Engineering.
- Langley, R.B., Teunissen, P.J.G. and Montenbruck, O., 2017. Introduction to GNSS. In: P.J.G. Teunissen and O. Montenbruck, eds. *Springer handbook of global navigation satellite systems*. Cham: Springer.
- Lawrence, K., 2026. *Pricing the priceless: A cautionary tale from the Louvre*. SAGE Publications: SAGE Business Cases Originals. <https://doi.org/10.4135/97898348867720>.
- Lawson-Tancred, J., 2025. Notre-Dame is getting an AI-powered digital twin. *Artnet News*, 22 July. Available at: <https://news.artnet.com/art-world/notre-dame-is-getting-an-a-i-powered-digital-twin-2669792>.
- Lee, J. and Yu, J.M., 2023. Automatic surface damage classification developed based on deep learning for wooden architectural heritage. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-M-1-2023, 29th CIPA Symposium “Documenting, understanding, preserving cultural heritage: humanities and digital technologies for shaping the future”, Florence, Italy, 25–30 June 2023.
- LUX Church Heritage, 2025. How a “digital twin” became the blueprint for restoring Notre-Dame de Paris. Available at: <https://churchheritage.eu/qa/how-a-digital-twin-became-the-blueprint-for-restoring-notre-dame-de-paris/>.
- Maiwald, F., Vietze, T., Schneider, D., Henze, F., Münster, S. and Niebling, F., 2017. Photogrammetric analysis of historical image repositories for virtual reconstruction in the field of digital humanities. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W3. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-447-2017.
- Matero, F.G., 2000. Ethics and policy in conservation. *Getty Conservation Institute Newsletter*, 15(1).

- McCorduck, P., Minsky, M., Selfridge, O.G. and Simon, H.A., 1977. History of artificial intelligence. In: Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-77), vol. 2. Cambridge, MA: International Joint Conferences on Artificial Intelligence.
- McGivern, H. and Kenney, N., 2019. Notre Dame: experts explain why Macron's five-year restoration deadline is impossible. *The Art Newspaper*, 25 April. Available at: <https://www.theartnewspaper.com/2019/04/26/notre-dame-experts-explain-why-macrons-five-year-restoration-deadline-is-impossible>.
- Mecocci, A. and Abrardo, A., 2014. Monitoring architectural heritage by wireless sensors networks: San Gimignano—a case study. *Sensors*, 14. doi:10.3390/s140100770.
- Medievalists.net, 2024. Rebuilding Notre-Dame: what medievalists need to know about the restoration. Available at: <https://www.medievalists.net/2024/12/rebuilding-notre-dame-medievalists/>.
- Mishra, M. and Lourenço, P.B., 2024. Artificial intelligence-assisted visual inspection for cultural heritage: state-of-the-art review. *Journal of Cultural Heritage*, 66. doi:10.1016/j.culher.2024.01.005.
- Navas-Carrillo, D., Del Espino Hidalgo, B., Navarro-de Pablos, F.J. and Pérez-Cano, M.T., 2018. The urban heritage characterization using 3D geographic information systems: the system of medium-sized cities in Andalusia. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W10. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W10-127-2018.
- Noce, V., 2019. Notre-Dame restoration delayed due to lead poisoning concerns. *Smithsonian Magazine*. Available at: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/notre-dame-restoration-delayed-due-lead-poisoning-concerns-180972895/>.
- Noce, V., 2021. Catholic Church's proposed redesign of Notre Dame interior sparks outcry. *The Art Newspaper*, 1 December. Available at: <https://www.theartnewspaper.com/2021/12/01/interior-redesign-notre-dame-cathedral>.

- Nossiter, A., 2019. Notre-Dame fire investigators focus on short-circuit and cigarettes. *The New York Times*. Available at: <https://www.nytimes.com/2019/04/25/world/europe/notre-dame-fire-investigation.html>.
- Pailliez, C. and Baker, L., 2019. Debate over future Notre-Dame spire fuels French divisions. *Reuters*, 18 April. Available at: <https://www.reuters.com/article/world/debate-over-future-notre-dame-spire-fuels-french-divisions-idUSKCN1RU250/>.
- Pang, G., Shen, C., Cao, L. and Van Den Hengel, A., 2021. Deep learning for anomaly detection: a review. *ACM Computing Surveys*, 54(2), article 38. doi:10.1145/3439950.
- Pendlebury, J., 2009. *Conservation in the age of consensus*. London: Routledge.
- Perles, A., Fuster-López, L. and Bosco, E., 2024. Preventive conservation, predictive analysis and environmental monitoring. *Heritage Science*, 12(11). Available at: <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01118-9>.
- Ravenscroft, T., 2020. ‘Notre-Dame spire will be reconstructed “identically” to how it was before 2019 fire’, *Dezeen*, 13 July. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/07/13/notre-dame-cathedral-spire-reconstruction-macron/>.
- Remondino, F. and El-Hakim, S., 2006. Image-based 3D modelling: a review. *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269-291. doi:10.1111/j.1477-9730.2006.00383.x.
- Revivre Notre-Dame, 2022. The major events. Available at: <https://revivre-notre-dame.fr/en/identically>. *Dezeen*. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/07/13/notre-dame-cathedral-spire-reconstruction-macron/>.
- Ricker, B., 2025. Digital elevation models, old maps, and cultural heritage—geospatial assets for the digital humanities. *Frontiers in Communication*, 10:1507385. doi:10.3389/fcomm.2025.1507385.
- Rose, K., Eldridge, S. and Chapin, L., 2015. *The Internet of Things: an overview—understanding the issues and challenges of a more connected world*. C. Marsan,

ed. Internet Society. Available at:

<https://www.internetsociety.org/resources/doc/2015/iot-overview/>.

- Schank, R.C., 1987. What is AI, anyway? *AI Magazine*, 8(4). doi:10.1609/aimag.v8i4.623.
- Shen, Y., Luo, Z., Jiang, Z., Zhang, Y. and Zhang, X., 2025. Simplification of three-dimensional urban buildings in digital surface model. *Geo-spatial Information Science*, online first. doi:10.1080/10095020.2025.2555617.
- Smith, L., 2006. *Uses of heritage*. London: Routledge.
- Sørensen, M.L.S. and Viejo-Rose, D., eds, 2015. *War and cultural heritage: biographies of place*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Staveley-Wadham, R., 2023. The theft of the Mona Lisa as told through our newspapers. *The British Newspaper Archive Blog*. Available at: <https://blog.britishnewspaperarchive.co.uk/2023/04/26/the-theft-of-the-mona-lisa/>.
- Stocking, A.W., 2015. Peering through time with laser scanners: sophisticated as-built surveys gradually reveal the mysteries of Gothic cathedrals. *LiDAR News Magazine*, 5(4). Available at: https://lidarmag.com/wp-content/uploads/PDF/LiDARNewsMagazine_Stocking-PeeringThroughTime_Vol5No4.pdf.
- Stovel, H., 1998. *Risk preparedness: a management manual for World Cultural Heritage*. Rome: ICCROM.
- Szeliski, R., 2022. *Computer vision: algorithms and applications*. 2nd ed. Cham: Springer.
- Tannous, W.K., 2019. The fire of Notre-Dame: economic lessons learned. In: *Disaster management and human health risk VI. WIT Transactions on the Built Environment*, 190. Southampton: WIT Press. doi:10.2495/DMAN190051.
- Teutonico, J.M. and Matero, F., eds, 2003. *Managing change: sustainable approaches to the conservation of the built environment*. 4th Annual US/ICOMOS International Symposium, Philadelphia, Pennsylvania, 6–8 April 2001. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Thalmann, D. and Raupp Musse, S., 2012. *Crowd simulation*. 2nd edn. London: Springer.

- Themistocleous, K., 2020. The use of UAVs for cultural heritage and archaeology. In: D.G. Hadjimitsis, K. Themistocleous, S.K. Michaelides and G. Papadavid, eds. *Remote sensing for archaeology and cultural landscapes*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-030-10979-0_14.
- Themistocleous, K., Danezis, C., Mendonidis, E. and Gikas, V., 2019. Monitoring ground deformation of cultural heritage sites using SAR and geodetic techniques: the case study of Choirokoitia, Cyprus. Paper presented at the 4th Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM), Athens, Greece, May 2019.
- Tsifodimou, Z.-E., Skalidi, I., Tavantzis, I., Karachaliou, E., Bares, D., Kotoulas, L., Melidis, L., Katakalos, K. and Stylianidis, E., 2025. Heritage conservation in crisis: a case study on post-earthquake church restoration in Samos Island, Greece. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-9-2025. doi:10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1531-2025.
- Tylor, E.B., 1871. *Primitive culture: researches into the development of mythology, philosophy, religion, language, art, and custom*. Vol. 1. London: John Murray.
- UK National Commission for UNESCO and PRAXIS, 2021. *Heritage, disaster response and resilience*. Brief report from the UK National Commission for UNESCO and PRAXIS at the University of Leeds, session held on Tuesday 23rd February 2021. Available at: <https://unesco.org.uk/resources/heritage-disaster-response-and-resilience-report>.
- UNESCO Office in Beirut, 2016. *Emergency safeguarding of the Syrian cultural heritage: international and Syrian experts meet in Beirut to discuss inventories and archives*.
- UNESCO World Heritage Centre, 1991. *Paris, Banks of the Seine*. World Heritage List, no. 600. Available at: <https://whc.unesco.org/en/list/600/>.
- UNESCO World Heritage Centre, 2003. *Cultural Landscape and Archaeological Remains of the Bamiyan Valley: nomination file*. Available at: <https://whc.unesco.org/uploads/nominations/208rev.pdf>.

- UNESCO World Heritage Centre, 2005. *Old Bridge Area of the Old City of Mostar*. Available at: <https://whc.unesco.org/en/list/946/>.
- UNESCO World Heritage Centre, 2008. *Reducing disasters risks at World Heritage properties*. Available at: <https://whc.unesco.org/en/disaster-risk-reduction/>.
- UNESCO World Heritage Centre, 2018. *Report on the state of conservation of the Old City of Dubrovnik*. Available at: <https://whc.unesco.org/document/218471>.
- UNESCO World Heritage Centre, 2021. *Reconstruction of the destroyed mausoleums of Timbuktu (Mali)*. Available at: <https://whc.unesco.org/en/canopy/timbuktu/>.
- UNESCO World Heritage Centre, n.d. What is meant by “cultural heritage”? *Frequently Asked Questions*. Available at: <https://whc.unesco.org/en/faq/222>.
- UNESCO World Heritage Centre, United Nations Environment Programme and Union of Concerned Scientists, 2016. *World Heritage and tourism in a changing climate*. Paris/Nairobi/Cambridge, MA: UNESCO, UNEP and Union of Concerned Scientists. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244893>.
- UNESCO, 1954a. *Convention for the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict with Regulations for the Execution of the Convention*. The Hague: UNESCO.
- UNESCO, 1972. *Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*. Paris: UNESCO. English text. Available at: <https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>.
- UNESCO, 1982. *Mexico City Declaration on Cultural Policies*. Mexico City: World Conference on Cultural Policies.
- UNESCO, 1999. *Second Protocol to the Hague Convention of 1954 for the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict*. The Hague: UNESCO.

- UNESCO, 2000. *1982–2000: from Mondiacult to Our Creative Diversity*. Intangible Cultural Heritage – UNESCO. Available at: <https://ich.unesco.org/en/1982-2000-00309>.
- UNESCO, 2011. *Recommendation on the Historic Urban Landscape*. Paris: UNESCO.
- UNESCO, 2011a. *UNESCO and Italy agree to cooperate on the restoration of Pompeii*. Available at: <https://whc.unesco.org/en/news/818>.
- UNESCO, 2015. *Policy document for the integration of a sustainable development perspective into the processes of the World Heritage Convention*. Adopted by the General Assembly of States Parties to the World Heritage Convention at its 20th session, Paris, November 2015. Paris: UNESCO. Available at: <https://whc.unesco.org/document/139146>.
- UNESCO, 2016. *Report of the UNESCO Rapid Assessment Mission to the World Heritage “Site of Palmyra”, Syrian Arab Republic, 23–27 April 2016*. Paris: UNESCO. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392368>.
- UNESCO, 2017. UNESCO and partners stand against cultural cleansing and violent extremism. Article by N. Houguenade, 6 November. Last update: 20 April 2023. Available at: <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-and-partners-stand-against-cultural-cleansing-and-violent-extremism>.
- UNESCO, 2019. *Statement by the Executive Board of UNESCO following the fire at Notre-Dame Cathedral in Paris, France, 16 April 2019*. Available at: <https://www.unesco.org/sites/default/files/notre-dame-en.pdf>.
- UNESCO, 2020a. *Basic texts of the 1954 Hague Convention for the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict and its two (1954 and 1999) Protocols*. Paris: UNESCO.
- UNESCO, 2021. *Implementation strategy of the thematic programme “Heritage for Peace”*. Document code C54/21/16.COM/INF.5.I, Committee for the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict, sixteenth meeting, Paris, 2–3 December 2021. Paris: UNESCO. Available at: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379819_eng.

- UNESCO, 2021a. *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. Paris: UNESCO. Available at: <https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-ethics-artificial-intelligence>.
- UNESCO, 2023. *Culture as source of sustainable development and social cohesion*. Available at: <https://www.unesco.org/en/articles/culture-source-sustainable-development-and-social-cohesion>.
- UNESCO, 2023a. *Archaeological museums in Iraq*. Available at: <https://www.unesco.org/en/museums/iraq>.
- UNESCO, 2024. *Fire risk management guide: protecting cultural and natural heritage from fire*. Z. Yan and B. Mínguez García, eds. Paris: UNESCO.
- UNESCO, 2025. *Distinctive emblems of the 1954 Hague Convention and of its 1999 Second Protocol*. Heritage in armed conflicts – UNESCO. Available at: <https://www.unesco.org/en/heritage-armed-conflicts/emblem>.
- UNESCO, 2025a. *Strengthening fire risk management and emergency preparedness for cultural and natural heritage: pilot initiatives in Latin America*. Heritage Emergency Fund. Available at: <https://www.unesco.org/en/culture-emergencies/heritage-emergency-fund/strengthening-fire-risk-management-and-emergency-preparedness-cultural-and-natural-heritage-pilot-0>.
- United Nations Security Council, 2017. *Security Council press statement on destruction of cultural heritage, executions in Palmyra, Syria (SC/12690, 20 January 2017)*. New York: United Nations.
- Van der Aalst, W.M.P., Bichler, M. and Heinzl, A., 2018. Robotic process automation. *Business & Information Systems Engineering*, 60(4). doi:10.1007/s12599-018-0542-4.
- Van der Auwera, S., 2013. International law and the protection of cultural property in the event of armed conflict: actual problems and challenges. *The Journal of Arts Management, Law, and Society*, 43(4). doi:10.1080/10632921.2013.841114.
- Van Geen, A., Adkins, J.F., Boyle, E.A., Nelson, D.M. and Parekh, P., 2020. Fallout of lead over Paris from the 2019 Notre-Dame Cathedral fire. *GeoHealth*, 4(8), e2020GH000279. doi:10.1029/2020GH000279.

- Vergados, P., Komjathy, A. and Meng, X., 2021. GNSS observation for detection, monitoring, and forecasting natural and man-made hazardous events. In: Y.J. Morton, F. van Diggelen, J.J. Spilker Jr, B. Parkinson, S. Lo and G. Gao, eds. *Position, navigation, and timing technologies in the 21st century: integrated satellite navigation, sensor systems, and civil applications*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9781119458449.ch32.
- Verhagen, P., 2018. Predictive modeling. In: S.L. López Varela, ed. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9781119188230.SASEAS0475.
- Williams, R., 1989. Culture is ordinary. In: R. Gable, ed. *Resources of hope: culture, democracy, socialism*. London and New York: Verso.
- World Bank, 2018. *Cultural heritage, sustainable tourism and urban regeneration: capturing lessons and experience from Japan with a focus on Kyoto*. Washington, DC: World Bank. Available at: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/938741531140109250/pdf/128058-WP-Kyoto-CHSTUR-postTDD-final-PUBLIC.pdf>.
- Xu, L., Xu, Y., Rao, Z. and Gao, W., 2024. Real-time 3D reconstruction for the conservation of the Great Wall's cultural heritage using depth cameras. *Sustainability*, 16(16), 7024. doi:10.3390/su16167024.
- Yang, S., Li, T., Gong, X., Peng, B. and Hu, J., 2020. A review on crowd simulation and modeling. *Graphical Models*, 111, 101081. doi:10.1016/j.gmod.2020.101081.
- Yigit, A.Y. and Uysal, M., 2024. Automatic crack detection and structural inspection of cultural heritage buildings using UAV photogrammetry and digital twin technology. *Journal of Building Engineering*, 94, 109952.
- Yiğit, A.Y. and Uysal, M., 2025. Detection of cracks in cultural heritage buildings using UAV photogrammetry-based digital twin. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 18(1), article 13.
- Zhang, Z. and Zhu, L., 2023. A review on unmanned aerial vehicle remote sensing platforms, sensors, data processing methods, and applications. *Drones*, 7, 398.

- Zhou, S., Chen, D., Cai, W., Luo, L., Low, M.Y.H., Tian, F., Tay, V.S.-H., Ong, D.W.S. and Hamilton, B.D., 2010. Crowd modeling and simulation technologies. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 20(4). doi:10.1145/1842722.1842725.

Ελληνόγλωσση

- Kreport, 2024. Η Notre-Dame αναγεννάται: τα στατιστικά στοιχεία πίσω από την αποκατάσταση του καθεδρικού ναού. Διαθέσιμο στο: <https://www.kreport.gr/2024/12/07/i-notre-dame-anagennatai-ta-statistika-stoicheia-piso-apo-tin-apokatastasi-tou-kathedrikou-naou/>.
- Βέργου, Μ., 2025. *Η διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς: αστικολογική και διεθνολογική προσέγγιση*. Αθήνα: Σάκκουλας.
- Γεωργούλης, Κ., 2020. *Τεχνητή νοημοσύνη: μια εισαγωγική προσέγγιση*. Α' έκδοση. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Δερμεντζόπουλος, Α. και Σουλιώτου, Α.Ζ., 2025. Η συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στη διαφύλαξη και στην επαύξηση της εμπειρίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. *Culture – Journal of Culture in Tourism, Art and Education*, 5(1). doi:10.26220/cul.5323.
- ΕΚΤ – Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης και Ηλεκτρονικού Περιεχομένου, 2024. Οι προκλήσεις και οι προοπτικές της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης της πολιτιστικής κληρονομιάς στο επίκεντρο εκδήλωσης του ΕΚΤ. Διαθέσιμο στο: <https://www.ekt.gr/el/news/30110>.
- Ελληνική Δημοκρατία, 2002. *Νόμος 3028/2002: Για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς*. ΦΕΚ Α 153/28.6.2002. Διαθέσιμο στο: https://www.culture.gov.gr/DocLib/arthro45_Nomos3028_2002.pdf.
- Ελληνική Δημοκρατία, 2021. *Νόμος 4858/2021: Κύρωση Κώδικα νομοθεσίας για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς*. ΦΕΚ Α 220/19.11.2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-arxaiotites/nomos-4858-2021-phek-220a-19-11-2021.html>.

- Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), 2026. *Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ: Σύστημα παρακολούθησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών*. Διαθέσιμο στο: <https://poseidon.hcmr.gr/el>.
- Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009. *Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 116/2009 του Συμβουλίου, της 18ης Δεκεμβρίου 2008, σχετικά με την εξαγωγή πολιτιστικών αγαθών*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 39/1, 10 Φεβρουαρίου.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2014. *Οδηγία 2014/60/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 15ης Μαΐου 2014, σχετικά με την επιστροφή πολιτιστικών αγαθών που έχουν απομακρυνθεί παράνομα από το έδαφος κράτους μέλους*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 159/1. Διαθέσιμο στο: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/60/oj?locale=el>.
- Κοντοχρήστου, Μ., 2018. *Διεθνές γίνεσθαι και πολιτισμός: Προκλήσεις και πολιτικές*. Αθήνα: Εκδόσεις Ι. Σιδέρης.
- Κουρή, Μ., 2010. Πολιτισμός και τουρισμός και η πρόκληση της αειφορίας. Στο: Ρ. Μητούλα, επιμ. *Πρακτικά του 16ου Επιστημονικού Συνεδρίου: Η περιφερειακή διάσταση της νέας στρατηγικής Ευρώπη 2020*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελλήνων Περιφερειολόγων.
- Λασκαράτος, Κ., 2021. *Πολιτισμός και εξωστρέφεια*. Αθήνα: Εκδόσεις Ι. Σιδέρης.
- Μουζακίτη, Ε., 2024. Η Παναγία των Παρισίων ξαναγεννιέται: η αποκατάσταση του ιστορικού συμβόλου. *News247*. Διαθέσιμο στο: <https://www.news247.gr/magazine/i-panagia-ton-parision-xanagennietai-i-apokatastasi-tou-istorikou-simvolou/>.
- Μουσταίρα, Ε., 2012. Πολιτιστικά αγαθά και ταυτότητα. *ResearchGate*. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/340253721_Politistika_agatha_kai_tauto_teta.
- Μπαλάνος, Ν., 1935. *Συντηρήσεις στην Ακρόπολη Αθηνών*. Αθήνα: Αρχαιολογική Υπηρεσία.
- Παπαγεωργίου, Μ., Λαϊνάς, Ι. και Νικολακοπούλου, Χ., 2010. «Η χωροταξία της μνημειακής πολιτιστικής κληρονομιάς: κατευθύνσεις σχεδιασμού σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο», στο: Μπεριάτος, Η. και Παπαγεωργίου, Μ.

(επιμ.), *Χωροταξία–πολεοδομία–περιβάλλον στον 21ο αιώνα: Ελλάδα–Μεσόγειος*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, σσ. 619–634.

- Πασχαλίδης, Γ., 2002. Εισαγωγή στην έννοια του πολιτισμού. Στο: Κ. Σμπόνιας, επιμ. *Εισαγωγή στον ελληνικό πολιτισμό, τόμ. Α', Η έννοια του πολιτισμού: όψεις του ελληνικού πολιτισμού*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Πρώτο Διεθνές Συνέδριο Αρχιτεκτόνων και Τεχνικών Ιστορικών Μνημείων, 1931. *Χάρτα των Αθηνών για την αποκατάσταση των ιστορικών μνημείων*. Αθήνα.
- Σαπουντζάκη, Κ. και Δανδουλάκη, Μ., 2015. *Κίνδυνοι και καταστροφές: έννοιες και εργαλεία αξιολόγησης, προστασίας, διαχείρισης*. Αθήνα: Κάλλιπος.
- ΣΚΑΪ, 2019. Παναγία των Παρισίων: η ιστορία ενός καθεδρικού που άντεξε 850 χρόνια. Διαθέσιμο στο: <https://www.skai.gr/news/entertainment/panagia-ton-parision-i-istoria-enos-kathedrikou-pou-antekse-850-xron>.
- Σκουλικίδης, Θ., 2011. «Η ατμοσφαιρική ρύπανση ως παράγοντας καταστροφής των αρχαίων μνημείων». *Αρχαιολογία Online*. Διαθέσιμο στο: <https://www.archaiologia.gr/blog/issue/η-ατμοσφαιρική-ρύπανση-ως-παράγοντας/>.
- Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, Γενική Διεύθυνση Αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς, 2018. *Πολιτιστική κληρονομιά: προστασία και αντιμετώπιση κινδύνων / Cultural heritage: protection and risk response*. Πρακτικά ημερίδας αφιερωμένης στα 60 χρόνια της Σύμβασης της Χάγης για την προστασία των πολιτιστικών αγαθών σε περίπτωση ένοπλης σύρραξης, 29 Μαΐου 2015, Αθήνα, Μουσείο Ακρόπολης. Αθήνα: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού.
- Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού, 2012. *Αρχαιοκαπηλία τέλος*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης.
- Υπουργείο Πολιτισμού, 2025. Το χρονικό της διεκδίκησης. Διαθέσιμο στο: <https://www.culture.gov.gr/el/parthenonas/SitePages/view.aspx?iID=6>.
- Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, 2016. Άρθρο 01–Σκοπός. Στο: *Κανονισμός πτήσεων των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ)–Unmanned Aircraft Systems (UAS)*. Απόφαση

Δ/ΥΠΑ/21860/1422/2016, ΦΕΚ 3152/Β/30-9-2016. Διαθέσιμο στο:

<https://www.opengov.gr/yme/?p=3247>.

- Υπουργείον Θρησκευμάτων και Εθνικής Παιδείας, Διεύθυνσις Αρχαιοτήτων και Ιστορικών Μνημείων, 1946. *Ζημιαί των αρχαιοτήτων εκ του πολέμου και των στρατών κατοχής*. Αθήναι: Εθνικόν Τυπογραφείον.