

# Σχεδιασμός, Προγραμματισμός και Παρακολούθηση Τεχνικού Έργου Προσאיγιάλωσης Υποβρυχίου Καλωδίου Οπτικών Ινών (Παράκτια Εγκατάσταση από Φρεάτιο Παραλίας έως 20μ βάθος νερού)

Παναγιώτα Καλπίνου

Μεταπτ. Φοιτήτρια ΔΧΤ, ΕΑΠ

[nkalpinou@yahoo.gr](mailto:nkalpinou@yahoo.gr) , [std102718@ac.eap.gr](mailto:std102718@ac.eap.gr)

Αθανάσιος Χασιακός

Επιβλέπων Καθήςγητης ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

[a.chassiakos@upatras.gr](mailto:a.chassiakos@upatras.gr)

**Περίληψη** – Η παρούσα διπλωματική εμβαθύνει στην παρουσίαση των πρακτικών διαχείρισης έργου εγκατάστασης υποβρυχίων καλωδίων οπτικών ινών με ιδιαίτερη έμφαση στο παράκτιο τμήμα ήτοι από το φρεάτιο παραλίας έως τα 20μ βάθος νερού (προσאיγιάλωση).

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της διατριβής είναι η βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης έργων στον τομέα της υποβρύχιας εγκατάστασης καλωδίων οπτικών ινών συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών στόχων, των τεχνικών περιπλοκών και των επιχειρησιακών προκλήσεων που υπάρχουν στην κατασκευή και υλοποίηση αυτών των υποθαλάσσιων καλωδιακών συστημάτων.

Επικεντρώνεται στην περιγραφή σχεδιασμού και κατασκευής των συστημάτων, στην ανάλυση της διαδικασίας παρακολούθησης του έργου από την έναρξη της σύμβασης έως την παράδοση στον πελάτη και στην παροχή πρακτικών συστάσεων για τη διαχείριση παρόμοιων έργων.

Μέσα από μια ολοκληρωμένη εξέταση μεθοδολογιών διαχείρισης έργων, οικονομικών εκτιμήσεων και τεχνολογικών προόδων, αυτή η έρευνα συμβάλλει στο σύνολο των γνώσεων στη διαχείριση έργων, την οικονομική διαχείριση και την τεχνολογική καινοτομία στον κλάδο των υποβρυχίων καλωδίων.

**Λέξεις-Κλειδιά:** Υποβρύχια Καλώδια Οπτικών Ινών, Διαχείριση Έργων, Διαχείριση Χρόνου, Χρηματοοικονομικός Σχεδιασμός, Τηλεπικοινωνιακές Υποδομές, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις, Βιωσιμότητα, Μετρίασμός Κινδύνων, Κερδοφορία, Μελλοντική Έρευνα.

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υποβρυχίων καλωδίων οπτικών ινών έχει διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη των παγκόσμιων επικοινωνιών, επιτρέποντας τη μεταφορά δεδομένων διαμέσου ωκεανών και ηπείρων.

Τα υποβρύχια καλώδια, τα οποία αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του Διαδικτύου και άλλων δικτύων,

μεταφέρουν πάνω από το 95% της διεθνούς επικοινωνιακής χωρητικότητας. Οι τεχνολογίες όπως το Space Division Multiplex (SDM) προωθούν την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων, ενώ οι τεχνολογικές εξελίξεις συνεχίζουν να διαμορφώνουν νέες διαδρομές και λύσεις για παγκόσμια συνδεσιμότητα. Η διατήρηση και προστασία αυτής της υποδομής είναι κρίσιμη για τη συνεχή επικοινωνία και οικονομική ανάπτυξη παγκοσμίως.

Η έρευνα στοχεύει στη βελτίωση της κατανόησης και των πρακτικών διαχείρισης για έργα υποβρύχιας εγκατάστασης καλωδίων οπτικών ινών.

Οι κύριοι στόχοι περιλαμβάνουν:

1. Απόκτηση λεπτομερούς κατανόησης του σχεδιασμού και της κατασκευής από την ακτή έως το βάθος νερού των 20 μέτρων.
2. Ανάλυση της διαδικασίας παρακολούθησης του έργου από την έναρξη της σύμβασης έως την παράδοση στον πελάτη.
3. Συμβολή στην παγκόσμια υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών υποδομών.
4. Προσδιορισμός προκλήσεων και προτάσεις λύσεων για εγκαταστάσεις υποβρυχίων καλωδίων.
5. Έμφαση στην έγκαιρη ολοκλήρωση των έργων και στη διαχείριση του κόστους.
6. Ενίσχυση των πρακτικών διαχείρισης έργου, συμπεριλαμβανομένου του χρονοδιαγράμματος και των μέτρων ελέγχου.
7. Παροχή πρακτικών συστάσεων για τη διαχείριση παρόμοιων έργων.

Συνολικά, η έρευνα στοχεύει στη βελτίωση των στρατηγικών διαχείρισης έργων και στην υποστήριξη της αποτελεσματικής ανάπτυξης τηλεπικοινωνιακών υποδομών παγκοσμίως.

## II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ:

Ο σχεδιασμός της έρευνας χρησιμοποιεί μια προσέγγιση μεικτών μεθόδων που συνδυάζει ποιοτικές και ποσοτικές μεθοδολογίες για την ανάλυση των πρακτικών διαχείρισης προσαυγιάλωσης υποβρυχίων καλωδίων. Η προσέγγιση της έρευνας βρίσκει πρακτική εφαρμογή στην προσαυγιάλωση του συστήματος BLUE στην Πομέτσια Ιταλίας και εξετάζει εις βάθος τις προκλήσεις, τις στρατηγικές και τα αποτελέσματα των έργων εγκατάστασης υποβρυχίων καλωδίων οπτικών ινών.

Μέθοδοι συλλογής δεδομένων:

1. Ανάλυση εγγράφων: Ολοκληρωμένη θεώρηση των εγγράφων ζήτησης προσφοράς (RFQ), των σχεδίων έργων, των τεχνικών προδιαγραφών και των συμβάσεων. Παρέχονται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τους στόχους του έργου, το πεδίο εφαρμογής, τα χρονοδιαγράμματα και τις τεχνικές απαιτήσεις.
2. Συλλογή χαρτών και βιβλιογραφικών δεδομένων συμπεριλαμβανομένων των παρακάτω:
  - Βυθομετρία της περιοχής μελέτης
  - Μορφολογία και σεισμικότητα
  - Ωκεανογραφικά δεδομένα
  - Στοιχεία αρχαιολογικού ενδιαφέροντος
3. Ημιδομημένες συνεντεύξεις με βασικά ενδιαφερόμενα μέρη που συμμετέχουν στις εργασίες Direct Shore End Landing, συμπεριλαμβανομένων των διαχειριστών έργων, μηχανικών, εργολάβων και εκπροσώπων από ρυθμιστικές αρχές συμπεριλαμβανομένων:
  - Επιθεώρηση χερσαίου και θαλάσσιου χώρου
  - Συναντήσεις με Τοπικές Αρχές (αδειοδοτήσεις / καιρικά φαινόμενα)
  - Συναντήσεις με εργολάβους και προμηθευτές
  - Υπάρχουσες Υποδομές
4. Επιτόπιες επισκέψεις στο πεδίο προσαυγιάλωσης για την αξιολόγηση της περιοχής και τον εντοπισμό πιθανών ζητημάτων ή περιορισμών από πρώτο χέρι.

Ανάλυση δεδομένων:

- Θεματική ανάλυση: Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων για τον εντοπισμό θεμάτων και μοτίβων σχετικά με τον σχεδιασμό, την εκτέλεση, τη διαχείριση κινδύνων και τον συντονισμό.
- Ποσοτική ανάλυση: Χρήση στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση ποσοτικών δεδομένων, όπως χρονοδιαγράμματα έργων και κατανομές προϋπολογισμού.

Η ανάλυση των δεδομένων εξασφαλίζει μια ολιστική κατανόηση των παραμετρών του έργου, του τρόπου σχεδιασμού και εκτέλεσης καθώς και της αξιολόγησης κινδύνων και προκλήσεων.

Δεοντολογικά ζητήματα:

Η έρευνα δίνει προτεραιότητα στα δεοντολογικά ζητήματα, διασφαλίζοντας την ενημερωμένη συγκατάθεση των συμμετεχόντων, τη διατήρηση της εμπιστευτικότητας και την ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές.

### III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Το έργο BLUE αποτελείται από την εγκατάσταση ενός επαναλαμβανόμενου κορμού από τη Μασσαλία (Γαλλία) στη Γένοβα (Ιταλία) με ένα υποσύστημα στη Bastia (Γαλλία) και στη συνέχεια έναν επαναλαμβανόμενο κορμό από τη Γένοβα (Ιταλία) στο Τελ Αβίβ (Ισραήλ) με κλάδους στην Pomezia, Golfo Aranci και Παλέρμο (Ιταλία), Χανιά (Κρήτη), Γερόσκηπος (Κύπρος) καθώς και πολλές άλλες αδρανείς BU για μελλοντικές συνδέσεις.

Ο τύπος θαλάσσιου καλωδίου για το κομμάτι της προσαυγιάλωσης είναι: OALC4 MDA (12 ζεύγη ινών). Το απευθείας άκρο της ακτής Pomezia, Ιταλία βρίσκεται σε υπάρχον σημείο προσαυγιάλωσης με υπάρχον BMH και σχετική υποδομή. Κάποια άλλα υποβρύχια καλώδια προσγειώνονται στο ίδιο ή σε κοντινή απόσταση BMH αλλά αυτά θεωρούνται εκτός λειτουργείας.

#### A. Πίνακας Έρευνας Διαδρομής.

Από τον πίνακα έρευνας διαδρομής του εξεταζόμενου έργου υποθαλάσσιας εγκατάστασης καλωδίων γίνεται αξιολόγηση των συνθηκών του βυθού για τον σχεδιασμό της διαδικασίας τοποθέτησης καλωδίων, συμπεριλαμβανομένης της ταφής του καλωδίου για προστασία. Συνολικά, αυτός ο πίνακας παρέχει κρίσιμες πληροφορίες για τον προγραμματισμό και την εκτέλεση της υποθαλάσσιας εγκατάστασης καλωδίων, διασφαλίζοντας ότι το καλώδιο έχει τοποθετηθεί και θαρρεί σωστά για βέλτιστη προστασία και μακροζωία.

#### B. Φύλλο Προδιαγραφών

Στη συνέχεια εξετάζεται το λεπτομερές φύλλο προδιαγραφών που περιλαμβάνει διάφορα λειτουργικά, τεχνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία εγκατάστασης.

Οι προδιαγραφές προτείνουν μια άκρως οργανωμένη και μεθοδική προσέγγιση της εγκατάστασης, με έμφαση στα περιβαλλοντικά ζητήματα, την ασφάλεια και την τήρηση των κανονιστικών απαιτήσεων.

- Καθορίζεται ο τύπος, τα αναμενόμενα μήκη και τα βάθη ταφής για διάφορες ζώνες από την ακτή μέχρι το σημείο όπου βρίσκεται το κύριο σκάφος.
- Καθορίζεται η ποσότητα των αρθρωτών σωλήνων και οι μέθοδοι στερέωσης καλωδίου στα διαφορετικά θαλάσσια περιβάλλοντα (παράλια, παλίρροια, ζώνη surf).
- Περιγράφει τα διαστήματα για την επαλήθευση ταφής και το υπεράκτιο όριο για τις επιθεωρήσεις δυτών, διασφαλίζοντας ότι το καλώδιο είναι τοποθετημένο και θαμμένο σωστά και ότι οι συνθήκες του βυθού είναι κατάλληλα τεκμηριωμένες.
- Περιλαμβάνει απρόβλεπτα για περιβαλλοντικές συνθήκες και υπάρχουσες υποθαλάσσιες υποδομές.

Οι προδιαγραφές προτείνουν μια άκρως οργανωμένη και μεθοδική προσέγγιση της εγκατάστασης, με έμφαση στα περιβαλλοντικά ζητήματα, την ασφάλεια και την τήρηση των κανονιστικών απαιτήσεων. Ο λεπτομερής σχεδιασμός και η προετοιμασία που υποδεικνύονται σε αυτό το φύλλο είναι απαραίτητες για την επιτυχή εγκατάσταση του ακραίου τμήματος της ακτής του υποθαλάσσιου καλωδιακού συστήματος.

#### Γ. Χρονικός Προγραμματισμός-Διάγραμμα Gantt

Η αναλυτική προσέγγιση του διαγράμματος περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Ορισμός πληροφοριών έργου
- Καταχώριση Εργασιών
- Καθορισμός Διάρκειας Εργασιών
- Ορισμός εξαρτήσεων εργασιών
- Εκχώρηση πόρων
- Ορισμός οροσήμων
- Εισροές Κόστους
- Παρακολούθηση προόδου

Το διάγραμμα Gantt είναι καλά δομημένο, παρουσιάζοντας μια σαφή σειρά εργασιών με εξαρτήσεις και ορόσημα. Το επίπεδο λεπτομέρειας υποδηλώνει ενδελεχή προγραμματισμό. Η χρήση μη αυτόματων ενημερώσεων προόδου υποδηλώνει ενεργή διαχείριση έργου, αν και θα ήταν ωφέλιμο να δούμε πόσο πιστά το έργο τηρεί το προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα σε σχέση με την πραγματική πρόοδο.

Συνολικά, αυτά τα γραφήματα είναι τυπικά για πολύπλοκα έργα και παρέχουν μια σταθερή βάση για την παρακολούθηση και τη διαχείριση έργων.

#### Δ. Οικονομικός Προγραμματισμός

Ο πίνακας προϋπολογισμού και πραγματικού κόστους είναι μια λεπτομερής αναφορά εξόδων για το έργο, που παρέχει μια ανάλυση των διαφόρων δαπανών που σχετίζονται με την εφοδιαστική αλυσίδα, τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες υποστήριξης.

Ακολουθεί μια ανάλυση του συνολικού πίνακα:

- Διαμονή και διαβίωση
- Μεταφορές εξοπλισμού
- Διαβίωση: Η κατανομή για τρόφιμα είναι σημαντική, καλύπτοντας 15 άτομα για 40 ημέρες, υποδηλώνοντας μια μεγάλη ομάδα με μακρά περίοδο λειτουργίας επί τόπου. Τα τέλη τηλεπικοινωνιών υποδεικνύουν επίσης την ανάγκη για συνεχείς δυνατότητες επικοινωνίας για την ομάδα.
- Εξειδικευμένες υπηρεσίες και περιουσιακά στοιχεία: Οι αμοιβές αντιπροσωπείας και τα έξοδα υπεργολάβου υποδηλώνουν τη συμμετοχή εξωτερικών μερών και ειδικών, που θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν επαγγελματικές υπηρεσίες ή προσωρινή εργασία. Η χρήση ιδιόκτητης περιουσίας, όπως ένα τοπικό νοσοκομείο, υποδηλώνει μόχλευση υφιστάμενων περιουσιακών στοιχείων, η οποία δεν επιφέρει πρόσθετο κόστος.

• Διάφορα και απροσδιόριστα κόστη: Υπάρχουν εγγραφές για "Άλλα" και "Χρήση Ιδιόκτητου Ακινήτου" με συνημμένο σημαντικό κόστος, αν και μία από τις καταχωρίσεις "Χρήση Ιδιοκτησίας" έχει κόστος 0,00 EUR, πράγμα που σημαίνει ότι δεν έγινε καμία δαπάνη για το συγκεκριμένο χρήσιμα.

• Συνολικό κόστος: Το άθροισμα των δαπανών ανέρχεται σε 328.900,00 ευρώ, υποδηλώνοντας σημαντική κατανομή του προϋπολογισμού για λειτουργικές και υποστηρικτικές λειτουργίες στο πλαίσιο του έργου.

Συνολικά, ο πίνακας υποδηλώνει ότι το έργο είναι υλικοτεχνικά εντατικό με πολλαπλές πτυχές που απαιτούν

προσεκτική οικονομική διαχείριση. Το ποικίλο κόστος αντικατοπτρίζει τόσο την πολυπλοκότητα όσο και την κλίμακα των εργασιών. Είναι σημαντικό για την ομάδα διαχείρισης έργου να επαληθεύει την ακρίβεια αυτών των εγγραφών, ειδικά για σημαντικά μεγέθη όπως οι αμοιβές αντιπροσωπείας, για να διασφαλίσει ότι ο προϋπολογισμός κατανέμεται και παρακολουθείται σωστά.

#### IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Καθώς ολοκληρώνεται η μελέτη, καταγράφονται σημαντικές επιτυχίες και διδάγματα που προσφέρουν πολύτιμες γνώσεις για τα μεγάλης κλίμακας έργα υποδομής υποβρυχίων καλωδίων.

Η μεθοδολογία σχεδιασμού, προγραμματισμού και εκτέλεσης έργων υποβρυχίων καλωδίων καθώς και η πρακτική εφαρμογή αυτής στο case study που αναλύεται, μας δίνει σημαντικά συμπεράσματα που θα αποτελέσουν έναν συνοπτικό αλλά συνάμα περιεκτικό οδηγό για τον σχεδιασμό, παρακολούθηση και εκτέλεση όμοιων έργων.

Η μελέτη και ως εκ τούτου η πρακτική περίπτωση μελέτης χαρακτηρίστηκε από υψηλό επίπεδο εκτέλεσης σε όλες τις φάσεις, με έμφαση στη σχολαστική προσοχή στη λεπτομέρεια, γεγονός που εξασφάλισε απρόσκοπτη λειτουργία. Η επιτυχία αποδίδεται στις συλλογικές προσπάθειες της ομάδας, στη χρήση βέλτιστων πρακτικών και στην εφαρμογή τεχνολογίας αιχμής.

Η αποτελεσματική διαχείριση του χρόνου και των πόρων υπήρξε κεντρική για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου, ενώ ο οικονομικός έλεγχος ήταν ακριβής, εξασφαλίζοντας τη διατήρηση των δαπανών εντός προϋπολογισμού και την επίτευξη των στόχων κερδοφορίας. Η προσαρμοστικότητα και το πνεύμα καινοτομίας της ομάδας βοήθησαν στην αντιμετώπιση προκλήσεων με ευέλικτες λύσεις, διασφαλίζοντας την επίτευξη των στόχων παρά τις αλλαγές στις συνθήκες.

Το έργο διατήρησε δέσμευση για ασφάλεια και συμμόρφωση με τους κανονισμούς, χωρίς σημαντικά περιστατικά ασφάλειας και πλήρη τήρηση των περιβαλλοντικών κανονισμών. Η διαφάνεια στην επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη και η ευθυγράμμιση των συμφερόντων τους με τους στόχους του έργου συνέβαλαν στη διατήρηση ενός κλίματος εμπιστοσύνης.

Η βιωσιμότητα αποτέλεσε σημαντική προτεραιότητα, με προσπάθειες να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να διασφαλιστεί η μακροπρόθεσμη αντοχή του καλωδιακού δικτύου. Το έργο υιοθέτησε καινοτόμες πρακτικές, θέτοντας νέα πρότυπα για τη βιομηχανία και ενισχύοντας τη θέση της εταιρείας ως πρωτοπόρου στον τομέα της εγκατάστασης υποβρυχίων καλωδίων.

Τα διδάγματα από το έργο παρέχουν γνώσεις που θα αξιοποιηθούν σε μελλοντικά έργα, καλύπτοντας διάφορους τομείς όπως η διαχείριση έργων, ο μετριασμός κινδύνου, οι τεχνικές προκλήσεις και η οικονομική διαχείριση. Συνολικά, το έργο αποτελεί απόδειξη της σημασίας του στρατηγικού σχεδιασμού, της ομαδικής συνεργασίας και της δέσμευσης για αριστεία, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της παγκόσμιας τηλεπικοινωνιακής υποδομής.

Λίστα Βιβλιογραφικών Αναφορών

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη και την υποχρέωση να εκφράσω σε αυτές τις λίγες γραμμές το θερμό μου ευχαριστώ στους ανθρώπους που μου προσέφεραν σε όλη αυτή τη διαδρομή όχι μόνο την πολύτιμη γνώση τους αλλά κυρίως τη σωστή καθοδήγηση και αμέριστη βοήθεια/ συνεργασία για την ολοκλήρωσή της. Αυτοί δεν είναι άλλοι από τον εξαιρετικό Επιβλέπων Καθηγητή Κο. Αθανάσιο Χασιακό, και τον κο. Παναγιώτη Τσίκα.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Agrawal, G. (2016). Optical Communication: Its History and Recent Progress. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-31903-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31903-2_8).
- Alazri, A. (2016). Telecommunication traffic through submarine cables: Security and vulnerabilities. 2016 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), 372-375. <https://doi.org/10.1109/ICITST.2016.7856733>.
- Bao, J., Geng, Y., & Qui, W. (2017). Analysis on Submarine Cable Technical Difficulties. DEStech Transactions on Engineering and Technology Research. <https://doi.org/10.12783/DTETR/ICMECA2017/11937>.
- Chen, Y., Li, X., Cai, C., Wu, C., Zhang, W., Huang, X., Guo, Q., & Jiang, D. (2021). Submarine Cable Detection Method Based on Multisensor Communication. J. Sensors, 2021, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/1176347>.
- Chen, Y., Wang, S., Hao, Y., Yao, K., Li, H., Jia, F., Yue, D., Shi, Q., Cheng, Y., & Huang, X. (2022). Temperature Monitoring for 500 kV Oil-Filled Submarine Cable Based on BOTDA Distributed Optical Fiber Sensing Technology: Method and Application. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 71, 1-10. <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3136182>.
- Clark, B. (2016). Undersea cables and the future of submarine competition. Bulletin of the Atomic Scientists, 72, 234 - 237. <https://doi.org/10.1080/00963402.2016.1195636>.
- Davenport, T. (2015). 8 Submarine Communications Cables and Science: A New Frontier in Ocean Governance [https://doi.org/10.1163/9789004299610\\_010](https://doi.org/10.1163/9789004299610_010).
- Foti, F., & Martinelli, L. (2016). Mechanical modeling of metallic strands subjected to tension, torsion and bending. International Journal of Solids and Structures, 91, 1-17. <https://doi.org/10.1016/J.IJSOLSTR.2016.04.034>.
- Kobayashi, S., & Almeida, C. (2017). Fiber optic interconnection devices for in-vehicle communication. 2017 22nd Microoptics Conference (MOC), 30-31. <https://doi.org/10.23919/MOC.2017.8244481>.
- Kuang, J., Chen, G., Yuan, Z., Qi, X., Yu, Q., & Liu, Z. (2022). Dynamic Interactions of a Cable-Laying Vessel with a Submarine Cable during Its Landing Process. Journal of Marine Science and Engineering. <https://doi.org/10.3390/jmse10060774>.
- Liu, G., Fan, M., Wang, P., & Zheng, M. (2021). Study on Reactive Power Compensation Strategies for Long Distance Submarine Cables Considering Electrothermal Coordination. Journal of Marine Science and Engineering. <https://doi.org/10.3390/JMSE9010090>.
- Liu, S., Sun, Y., Ma, W., Xie, F., Jiang, X., He, L., & Kang, Y. (2019). A New Signal Processing Method Based on Notch Filtering and Wavelet Denoising in Wire Rope Inspection. Journal of Nondestructive Evaluation, 38, 1-14. <https://doi.org/10.1007/S10921-019-0580-Y>.
- Marra, G., Clivati, C., Luckett, R., Tampellini, A., Kronjäger, J., Wright, L., Mura, A., Levi, F., Robinson, S., Xuereb, A., Baptie, B., & Calónico, D. (2018). Ultrastable laser interferometry for earthquake detection with terrestrial and submarine cables. Science, 361, 486 - 490. <https://doi.org/10.1126/science.aat4458>.
- Pan, X., Zhang, S., & Pan, J. (2022). Research on the Matching of Unequal Diameter Cables to Improve the Carrying Capacity of High-voltage Submarine Cable Landing Section. Journal of Physics: Conference Series, 2276. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2276/1/012014>.
- Saunavaara, J., & Salminen, M. (2020). Geography of the global submarine fiber-optic cable network: the case for arctic ocean solutions. Geographical Review, 113, 1 - 19. <https://doi.org/10.1080/00167428.2020.1773266>.
- Tomita, S. (2017). Development and Future of Optical Fiber Related Technologies. IEICE Trans. Commun., 100-B, 1688-1695. <https://doi.org/10.1587/TRANSCOM.2016PFI0003>.
- Wang, Q., Guo, J., Wang, Z., Tahchi, E., Wang, X., Moran, B., & Zukerman, M. (2019). Cost-Effective Path Planning for Submarine Cable Network Extension. IEEE Access, 7, 61883-61895. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2915125>.
- Wang, X., Cheng, G., Wang, Z., & Zukerman, M. (2022). A research on submarine cable path planning. <https://doi.org/10.1117/12.2622547>.
- Wang, Y., Hanr, W., & Hu, M. (2017). The development trend of submarine cable projects for achieving optimal allocation of energy using international power grid interconnection. <https://doi.org/10.1049/CP.2017.0559>.
- Xu, R., Huang, H., Xu, G., Meng, X., Liu, B., Gu, X., & Brown, J. (2022). A new generation based on SDM of repeated trans-oceanic submarine optic cable. <https://doi.org/10.1117/12.2624822>.
- Xu, X., Meng, F., Paramene, A., Chen, X., Qiu, L., & Zhou, W. (2021). Investigation on loss reduction strategies of single-core HVAC submarine cables. 22nd International Symposium on High Voltage Engineering (ISH 2021), 2021, 44-48. <https://doi.org/10.1049/icp.2022.0476>.
- Zhang, X., Zhang, L., Liu, L., & Huo, L. (2018). Prestress Monitoring of a Steel Strand in an Anchorage Connection Using Piezoceramic Transducers and Time Reversal Method. Sensors (Basel, Switzerland), 18. <https://doi.org/10.3390/s18114018>.
- Negishi, Y., Ishihara, K., Murakami, Y., & Yoshizawa, N. (1984). Design of deep-sea submarine optical fiber cable. Journal of Lightwave Technology. <https://doi.org/10.1109/JLT.1984.1073731>.
- Mahapatra, A., & O'Riorden, S. (2021). Design, Manufacture, and Deployment of Buoyant Cables in Underwater Applications. OCEANS 2021: San Diego – Porto, 1-4. <https://doi.org/10.23919/OCEANS44145.2021.9705835>.



- Polley, R., & Yinger, P. (1993). Installation of the fiber optic communications underwater system (FOCUS). *Proceedings of OCEANS '93*, II419-II424 vol.2. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.1993.326132>.
- AlNasseri, H., & Aulin, R. (2015). Assessing understanding of planning and scheduling theory and practice on construction projects. *Engineering Management Journal*, 27, 58-72.
- Faghihi, V., Reinschmidt, K., & Kang, J. H. (2014). Construction scheduling using Genetic Algorithm based on Building Information Model. *Expert Systems with Applications*, 41, 7565-7578.
- Herroelen, W. (2005). Project scheduling—Theory and practice. *Production and Operations Management*, 14, 413-432.
- Jan, S., & Ho, S. (2006). Construction Project Buffer Management in Scheduling Planning and Control. , 858-863. <https://doi.org/10.22260/ISARC2006/0158>.
- Long, L. D., & Ohsato, A. (2009). A genetic algorithm-based method for scheduling repetitive construction projects. *Automation in Construction*, 18, 499-511.
- Talwar, A., & Srivastava, D. (1984). Fibre Optics in Undersea Applications. *Defence Science Journal*, 34, 85-96.
- Sinkin, O. (2022). Strategies and Challenges in Designing Undersea Optical Links. 2022 European Conference on Optical Communication (ECOC).
- Polley, R., & Yinger, P. (1993). Installation of the fiber optic communications underwater system (FOCUS). *Proceedings of OCEANS '93*.
- Bannon, R., & Burnett, D. (2002). High density underwater fiber optic systems security. *OCEANS '02 MTS/IEEE*.
- Liu, X., & Zhu, Z. (2018). Advances in Optical Communications Technologies. *IEEE Commun. Mag.*, 56, 112. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.7842425>.
- Ochoa, M., Algorri, J., Roldán-Varona, P., Rodríguez-Cobo, L., & López-Higuera, J. (2021). Recent Advances in Biomedical Photonic Sensors: A Focus on Optical-Fibre-Based Sensing. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21. <https://doi.org/10.3390/s21196469>.
- Soares, M., Vidal, M., Santos, N., Costa, F., Marques, C., Pereira, S., & Leitão, C. (2021). Immunosensing Based on Optical Fiber Technology: Recent Advances. *Biosensors*, 11. <https://doi.org/10.3390/bios11090305>.
- Xu, Y., Lu, P., Chen, L., & Bao, X. (2017). Recent Developments in Micro-Structured Fiber Optic Sensors. *Fibers*, 5, 3. <https://doi.org/10.3390/FIB5010003>.
- Wang, W., Zhou, B., Xu, S., Yang, Z., & Zhang, Q. (2019). Recent advances in soft optical glass fiber and fiber lasers. *Progress in Materials Science*. <https://doi.org/10.1016/J.PMATSCI.2018.11.003>.
- Takeshita, H., Sato, M., Inada, Y., Gabory, E., & Nakamura, Y. (2019). Past, Current and Future Technologies for Optical Submarine Cables. 2019 IEEE/ACM Workshop on Photonics-Optics Technology Oriented Networking, Information and Computing Systems (PHOTONICS), 36-42. <https://doi.org/10.1109/PHOTONICS49561.2019.00011>.
- Lentz, S. (2016). New applications for submarine cables. , 301-340. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804269-4.00008-8>.
- Bigo, S. (2008). Technologies for global telecommunications using undersea cables. , 561-610. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374172-1.00014-X>.
- Wang, X., Cheng, G., Wang, Z., & Zukerman, M. (2022). A research on submarine cable path planning. , 12169, 1216926 - 1216926-8. <https://doi.org/10.1117/12.2622547>.
- Courtois, O., & Bardelay-Guyot, C. (2016). Architectures and management of submarine networks. , 343-380. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804269-4.00009-X>.
- Liu, G. (2023). Research on condition assessment method of submarine cable based on artificial intelligence algorithm. 12709, 1270906 - 1270906-6. <https://doi.org/10.1117/12.2684543>.