

Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός Κατασκευής Κτιριακού Έργου Μεγάλης Κλίμακας: Οικονομοτεχνική Μελέτη, Ανάλυση Ευαισθησίας Κρίσιμων Παραμέτρων Σχεδιασμού και Βελτιστοποίηση

Γρηγόριος Χ. Σκορδάς
Μηχανολόγος Μηχανικός BEng, MSc
Μεταπτυχιακός Φοιτητής
ΜΔΕ Διαχείριση Τεχνικών Έργων, ΕΑΠ
std164023@ac.eap.gr

Δημήτριος Κουλουριώτης
Καθηγητής ΕΜΠ
Σύμβουλος Καθηγητής ΔΧΤ
Επιβλέπων Καθηγητής Α΄
ΜΔΕ Διαχείριση Τεχνικών Έργων, ΕΑΠ
koulouriotis.dimitrios@ac.eap.gr

Περίληψη - Η παρούσα εκτεταμένη περίληψη παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία διπλωματικής εργασίας με αντικείμενο τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό κατασκευής κτιριακού έργου μεγάλης κλίμακας. Η εργασία εξετάζει τη σύνδεση μεταξύ προϋπολογισμού, χρονοδιαγράμματος, παραγωγικότητας, προμηθειών και κινδύνου, με εφαρμογή σε πραγματικό έργο τουριστικής ανάπτυξης σε ελληνική νησιωτική περιοχή. Η μεθοδολογία βασίζεται σε βιβλιογραφική τεκμηρίωση, ανάλυση πραγματικών δεδομένων κόστους και χρονοδιαγράμματος, ανάπτυξη σεναρίων ευαισθησίας και διοικητική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ο αναθεωρημένος καθαρός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 43.769.899,80 €, ενώ η βασική διάρκεια είναι 606 ημέρες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ισχυρότεροι οικονομικοί drivers είναι οι κατηγορίες Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction και Contingency. Παράλληλα, η χρονική ανάλυση αναδεικνύει ότι το έργο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε καθυστερήσεις προμηθειών, μείωση παραγωγικότητας και συνδυασμένες αποκλίσεις. Στο δυσμενές σενάριο, η διάρκεια αυξάνεται σε 711 ημέρες, δηλαδή κατά 17,33%, ενώ το κόστος αυξάνεται κατά 3,93%. Συμπερασματικά, η εργασία τεκμηριώνει την ανάγκη υιοθέτησης ενός ενοποιημένου πλαισίου project controls, ικανού να υποστηρίξει έγκαιρη διάγνωση αποκλίσεων, αξιολόγηση σεναρίων και λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Λέξεις-κλειδιά - Χρονικός προγραμματισμός, οικονομικός προγραμματισμός, κατασκευαστικά έργα, ανάλυση ευαισθησίας, project controls, παραγωγικότητα, risk-based scheduling.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υλοποίηση ενός κτιριακού έργου μεγάλης κλίμακας αποτελεί σύνθετη διοικητική και τεχνική διαδικασία. Η επιτυχία του δεν κρίνεται μόνο από την ποιότητα του αρχικού σχεδιασμού, αλλά από την ικανότητα της διοίκησης να ελέγχει συνεχώς την αλληλεπίδραση κόστους, χρόνου, πόρων και κινδύνων. Σε έργα τουριστικής ανάπτυξης, όπου η ολοκλήρωση συνδέεται με εμπορικές ημερομηνίες, εποχικότητα και απαιτήσεις λειτουργικής ετοιμότητας, η χρονική απόκλιση μπορεί να αποκτήσει στρατηγική σημασία μεγαλύτερη από μια άμεση οικονομική υπέρβαση.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στον ολοκληρωμένο χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό ενός σύνθετου resort project. Το ερευνητικό ενδιαφέρον δεν περιορίζεται στην καταγραφή ενός προϋπολογισμού ή ενός χρονοδιαγράμματος. Αντίθετα, εξετάζεται πώς κρίσιμες παράμετροι, όπως οι κατηγορίες κόστους, η παραγωγικότητα των συνεργείων, οι καθυστερήσεις προμηθειών και η διαθεσιμότητα πόρων, επηρεάζουν τη συνολική συμπεριφορά του έργου.

Ο βασικός σκοπός είναι η μετατροπή πραγματικών δεδομένων έργου σε εργαλείο διοικητικής αξιολόγησης. Με την έννοια αυτή, η ανάλυση ευαισθησίας δεν αντιμετωπίζεται ως απλή αριθμητική άσκηση, αλλά ως

μηχανισμός υποστήριξης αποφάσεων. Μέσω της ποσοτικοποίησης πιθανών αποκλίσεων, η διοίκηση μπορεί να αναγνωρίζει τα πεδία που συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη οικονομική και χρονική ευαισθησία και να οργανώνει προληπτικά μέτρα ελέγχου.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η ερευνητική προσέγγιση είναι συνδυαστική, καθώς ενσωματώνει θεωρητική τεκμηρίωση, εφαρμοσμένη μελέτη περίπτωσης και ποσοτική ανάλυση. Αρχικά πραγματοποιείται βιβλιογραφική επισκόπηση σε πεδία όπως η διοίκηση τεχνικών έργων, ο χρονικός προγραμματισμός, η κοστολόγηση, η ανάλυση κινδύνου, το Earned Value Management και η παραγωγικότητα συνεργείων. Η θεωρητική αυτή βάση χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση του εννοιολογικού πλαισίου της έρευνας.

Σε δεύτερο επίπεδο, αξιοποιούνται δεδομένα από πραγματικό κτιριακό έργο μεγάλης κλίμακας, το οποίο αφορά ξενοδοχειακό συγκρότημα περίπου 250 δωματίων σε νησιωτική περιοχή. Το έργο περιλαμβάνει νέες κατασκευές, παρεμβάσεις σε υφιστάμενες υποδομές, διαφορετικούς τύπους δωματίων και εκτεταμένες κοινόχρηστες εγκαταστάσεις. Η νησιωτικότητα εισάγει πρόσθετους περιορισμούς, όπως μεταφορές υλικών, διαθεσιμότητα εξειδικευμένου προσωπικού και αυξημένη εξάρτηση από την εφοδιαστική αλυσίδα.

Κεντρικά δεδομένα της ανάλυσης αποτελούν ο αναθεωρημένος καθαρός προϋπολογισμός ύψους 43.769.899,80 € και το βασικό χρονοδιάγραμμα διάρκειας 606 ημερών. Τα δεδομένα οργανώνονται σε κατηγορίες κόστους και σε φάσεις χρονοδιαγράμματος, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση οικονομικής και χρονικής διάστασης. Η επεξεργασία πραγματοποιείται με τη χρήση Microsoft Excel για την οικονομική ανάλυση και Microsoft Project για τη χρονική διερεύνηση.

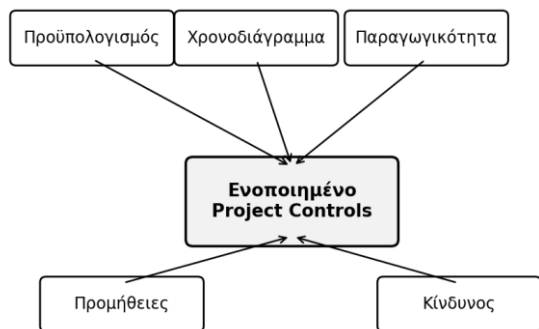
Η ανάλυση περιλαμβάνει one-way sensitivity analysis για κρίσιμες κατηγορίες κόστους, χρονικά σενάρια καθυστέρησης, σενάρια μεταβολής παραγωγικότητας και ολοκληρωμένη σύγκριση Best Case, Base Case και Worst Case. Η μεθοδολογία είναι κυρίως ντετερμινιστική και σεναριακή. Δεν αποσκοπεί στην πρόβλεψη με στατιστικές πιθανότητες, αλλά στην κατανόηση του εύρους πιθανών αποκλίσεων και στη διοικητική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.

III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση κόστους έδειξε ότι ο προϋπολογισμός δεν κατανέμεται ισομερώς, αλλά συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένες κατηγορίες υψηλής βαρύτητας. Η σημαντικότερη κατηγορία είναι το Concrete, με προϋπολογισμό 4.642.253,80 €, δηλαδή 10,61% του συνόλου. Αύξηση 10% στην κατηγορία αυτή οδηγεί σε πρόσθετη επιβάρυνση περίπου 464.225,38 €. Η κατηγορία HVAC, με προϋπολογισμό 3.370.000,00 €, εμφανίζεται επίσης κρίσιμη, επειδή επηρεάζει ταυτόχρονα κόστος, λειτουργική ποιότητα, commissioning και δυνατότητα παράδοσης του έργου σε πλήρη λειτουργία.

Σημαντική είναι και η κατηγορία Contingency, η οποία δεν αποτελεί παραγωγική εργασία, αλλά αποθεματικό κινδύνου. Η πρόωρη ή μη ελεγχόμενη κατανάλωσή της μπορεί να περιορίσει την ικανότητα του έργου να απορροφά μεταγενέστερες αποκλίσεις. Αντίστοιχα, τα

Finishes και οι ειδικές κατασκευές έχουν αυξημένη σημασία λόγω της φύσης του έργου ως resort υψηλών απαιτήσεων, όπου η αισθητική, η ποιότητα υλικών και η εμπειρία του τελικού χρήστη συνδέονται με την εμπορική αξία του προϊόντος.



Σχήμα 1. Ενωσιολογική σύνδεση βασικών μεταβλητών ελέγχου έργου.

Μέγεθος	Τιμή / εύρημα
Προϋπολογισμός	43.769.899,80 €
Βασική διάρκεια	606 ημέρες
Cost drivers	Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction, Contingency
Προμήθειες +30 ημέρες	636 ημέρες (+4,95%)
Worst Case	711 ημέρες (+17,33%) και κόστος +3,93%
Ανθρώπινοι πόροι	περ. 180 εργαζόμενοι / 109.080 ανθρωποημέρες

Πίνακας 1. Βασικά μεγέθη και κύρια αποτελέσματα της ανάλυσης.

Η χρονική ανάλυση ανέδειξε ακόμη ισχυρότερη ευαισθησία. Η βασική διάρκεια του έργου είναι 606 ημέρες. Καθυστέρηση προμηθειών κατά 30 ημέρες οδηγεί σε νέα διάρκεια 636 ημερών, δηλαδή σε αύξηση περίπου 4,95%. Η μείωση παραγωγικότητας κατά 10% μπορεί να οδηγήσει σε διάρκεια που προσεγγίζει τις 666-673 ημέρες, ανάλογα με το διαθέσιμο float και τις δυνατότητες απορρόφησης των καθυστερήσεων. Στο δυσμενές συνδυασμένο σενάριο, όπου συνυπάρχουν καθυστέρηση προμηθειών, μείωση παραγωγικότητας και πρόσθετες διαταραχές, η διάρκεια ανέρχεται σε 711 ημέρες.

Το αποτέλεσμα αυτό είναι καθοριστικό, καθώς η χρονική απόκλιση του Worst Case ανέρχεται σε 17,33%, ενώ η αντίστοιχη οικονομική απόκλιση είναι 3,93%. Συνεπώς, η χρονική διάσταση αναδεικνύεται ως ο ισχυρότερος παράγοντας συστημικής ευαισθησίας. Ειδικά σε ένα resort project, η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάσει την έναρξη λειτουργίας, την τουριστική περίοδο, την εμπορική αξιοποίηση και τη συνολική απόδοση της επένδυσης.

Η ανάλυση παραγωγικότητας επιβεβαιώνει ότι οι ανθρώπινοι πόροι δεν πρέπει να αξιολογούνται μόνο ποσοτικά. Η μέση στελέχωση του έργου εκτιμήθηκε σε περίπου 180 εργαζόμενους, με συνολική θεωρητική απαίτηση 109.080 ανθρωποημερών. Ωστόσο, η αύξηση του αριθμού εργαζομένων δεν οδηγεί απαραίτητα σε ανάλογη επιτάχυνση, διότι μπορεί να δημιουργήσει συμφόρηση, αναμονές, συγκρούσεις συνεργείων και αυξημένες ανάγκες επίβλεψης. Για τον λόγο αυτό, η παραγωγικότητα πρέπει να παρακολουθείται με δείκτες όπως Labour Efficiency, SPI, CPI, Procurement Reliability και Contingency Burn Rate.

Τα ευρήματα συντίθενται σε ένα ενοποιημένο πλαίσιο project controls. Το πλαίσιο αυτό συνδέει cost control, schedule control, look-ahead planning, procurement risk log, productivity dashboards και διαχείριση απροβλέπτων. Με αυτόν τον τρόπο, η διοίκηση μετακινείται από την απολογιστική παρακολούθηση στην προληπτική διαχείριση, δηλαδή στον έγκαιρο εντοπισμό τάσεων πριν αυτές εξελιχθούν σε σοβαρές αποκλίσεις.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η επιτυχής διοίκηση μεγάλων κατασκευαστικών έργων απαιτεί ολοκληρωμένη και δυναμική προσέγγιση. Το κόστος, ο χρόνος, η παραγωγικότητα, οι προμήθειες και ο κίνδυνος δεν μπορούν να αξιολογούνται απομονωμένα, καθώς αλληλεπιδρούν συνεχώς και επηρεάζουν τη συνολική επίδοση του έργου.

Η κύρια συμβολή της μελέτης είναι ότι μετατρέπει ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων έργου σε εφαρμοσμένο πλαίσιο διοικητικής ανάλυσης. Η ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει τον εντοπισμό κρίσιμων cost και time drivers, τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων και την

ανάπτυξη πρακτικών στρατηγικών βελτιστοποίησης. Οι σημαντικότερες προτάσεις αφορούν στοχευμένο cost control σε Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction και Contingency, συστηματική παρακολούθηση κρίσιμης και σχεδόν κρίσιμης διαδρομής, early procurement strategy για κρίσιμα πακέτα, δείκτες παραγωγικότητας και ενεργή διαχείριση των απροβλέπτων.

Παρά τους περιορισμούς της, κυρίως τη χρήση ντετερμινιστικών σεναρίων και όχι στοχαστικών προσομοιώσεων, η μελέτη παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο για την κατανόηση της ευαισθησίας σύνθετων έργων. Μελλοντική έρευνα μπορεί να ενσωματώσει Monte Carlo simulation, πλήρη δεδομένα Earned Value Management και συγκριτική εφαρμογή σε περισσότερα resort projects. Συνολικά, η εργασία επιβεβαιώνει ότι η ανάλυση ευαισθησίας, όταν βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα και συνδέεται με πρακτικά εργαλεία project controls, μπορεί να αποτελέσει ουσιαστικό μηχανισμό υποστήριξης αποφάσεων και να συμβάλει στην επιτυχή ολοκλήρωση έργων μεγάλης κλίμακας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
International Organization for Standardization. (2020). ISO 21502:2020 - Project, programme and portfolio management: Guidance on project management. ISO.
Kerzner, H. (2022). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13th ed.). Wiley.
Meredith, J. R., Shafer, S. M., & Mantel, S. J. (2021). Project management: A strategic managerial approach (11th ed.). Wiley.

Time and Cost Planning of a Large-Scale Building Construction Project: Techno-Economic Study, Sensitivity Analysis of Critical Design Parameters and Optimization

Grigorios Ch. Skordas

Mechanical Engineer BEng, MSc
Graduate Student
Engineering Project Management, HOU
std164023@ac.eap.gr

Dimitrios Koulouriotis

Professor, National Technical University of Athens
Consulting Professor, HOU
Supervisor Professor A'
Engineering Project Management, HOU
koulouriotis.dimitrios@ac.eap.gr

Abstract - This extended summary presents the core findings of a diploma thesis on time and cost planning for a large-scale building construction project. The study investigates the interrelationship between budget, schedule, productivity, procurement and risk, using a real resort development project located in a Greek island environment as a case study. The methodology combines literature review, analysis of actual cost and schedule data, deterministic sensitivity analysis and scenario-based evaluation. The revised net project budget amounts to €43,769,899.80, while the baseline project duration is 606 days. The results indicate that the most influential cost drivers are Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction and Contingency. At the same time, the time analysis demonstrates that the project is highly sensitive to procurement delays, productivity losses and combined deviations. In the adverse scenario, the total duration increases to 711 days, corresponding to a 17.33% increase, while the total cost increases by 3.93%. The study concludes that large-scale construction management requires an integrated project controls framework that connects cost, time, productivity, procurement and risk. Sensitivity analysis is therefore not treated as a purely numerical exercise, but as a practical decision-support mechanism for identifying critical drivers, comparing scenarios and supporting timely corrective action.

Keywords - Time planning, cost planning, construction projects, sensitivity analysis, project controls, productivity, risk-based scheduling.

I. INTRODUCTION

The delivery of a large-scale building construction project is a complex managerial and technical process. Its success depends not only on the quality of the initial design, but also on the ability of project management to continuously control the interaction between cost, time, resources and risk. In resort projects, where completion is closely related to opening dates, seasonality and operational readiness, schedule deviation may become a strategic issue with consequences greater than a direct cost overrun.

The present thesis focuses on the integrated time and cost planning of a complex resort project. The research scope is not limited to the description of a budget or a baseline schedule. Instead, it examines how critical parameters such as cost categories, crew productivity, procurement delays and resource availability affect the overall behaviour of the project system.

The main objective is to transform actual project data into a managerial assessment tool. In this sense, sensitivity analysis is not considered a simple numerical exercise, but a decision-support mechanism. Through the quantification of potential deviations, project management can identify the areas that concentrate the highest cost and time sensitivity and can develop proactive control measures.

II. METHODOLOGY

The research approach is mixed and applied, combining theoretical documentation, case study analysis and quantitative evaluation. First, a literature review is conducted in the fields of construction project management, scheduling, cost planning, risk analysis, Earned Value Management and crew productivity. This theoretical background provides the conceptual framework for interpreting the case study data.

Second, the thesis uses data from a real large-scale building project concerning a resort complex of approximately 250 rooms in an island location. The project includes new construction, interventions in existing infrastructure, different room typologies and extensive common facilities. The island context introduces additional constraints, such as material transportation, availability of skilled labour and increased dependency on the supply chain.

The central dataset consists of a revised net project budget of €43,769,899.80 and a baseline schedule of 606 days. The budget is organized into cost categories, while the schedule is structured through phases, sub-phases and activities. This allows the economic and temporal dimensions to be analyzed as interdependent variables. Microsoft Excel is used for cost analysis and scenario calculations, while Microsoft Project is used for the investigation of the schedule dimension.

The analysis includes one-way sensitivity analysis for critical cost categories, time-delay scenarios, productivity variation scenarios and an integrated comparison of Best Case, Base Case and Worst Case. The methodology is mainly deterministic and scenario-based. Its purpose is not to produce probabilistic forecasts, but to understand the range of potential deviations and to translate the results into managerial recommendations.

III. SELECTED RESULTS

The cost analysis shows that the project budget is not evenly distributed across all categories, but is concentrated in a limited number of high-impact cost drivers. Concrete is the strongest cost category, with a budget of €4,642,253.80, corresponding to 10.61% of the total. A 10% increase in this category produces an additional cost of approximately €464,225.38. HVAC, with a budget of €3,370,000.00, is also critical because it affects not only the budget, but also operational quality, commissioning and the ability of the project to be handed over in a functional condition.

Contingency is also of particular importance. It is not a direct production activity, but a strategic risk reserve. Its early or uncontrolled consumption may reduce the resilience of the project against later deviations. Finishes and Special Construction are equally significant due to the nature of the development as a high-demand resort, where aesthetics, material quality and end-user experience are directly related to commercial value.

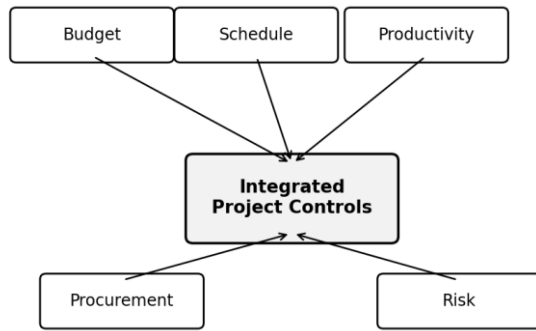


Figure 1. Conceptual connection of the main project control variables.

Parameter	Value / finding
Project budget	€43,769,899.80
Baseline duration	606 days
Cost drivers	Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction, Contingency
Procurement +30 days	636 days (+4.95%)
Worst Case	711 days (+17.33%) and cost +3.93%
Human resources	approx. 180 workers / 109,080 person-days

Table 1. Main parameters and selected findings of the analysis.

The time analysis reveals an even stronger sensitivity. The baseline project duration is 606 days. A 30-day procurement delay leads to a new duration of 636 days, or an increase of approximately 4.95%. A 10% productivity loss may increase the duration to approximately 666-673 days, depending on the available float and the ability of the project to absorb delays. In the adverse combined scenario, where procurement delays, productivity loss and external disruptions coexist, the duration increases to 711 days.

This result is critical because the schedule deviation in the Worst Case reaches 17.33%, while the corresponding cost deviation is 3.93%. Therefore, the time dimension emerges as the strongest factor of systemic sensitivity. In a resort project, schedule delay may affect opening dates, the tourism season, commercial exploitation and the overall investment performance.

The productivity analysis confirms that human resources should not be assessed only quantitatively. The average workforce is estimated at approximately 180 workers, with a total theoretical requirement of 109,080 person-days. However, increasing the number of workers does not necessarily produce proportional acceleration, since it may generate site congestion, waiting time, crew conflicts and increased supervision needs. For this reason, productivity should be monitored through indicators such as Labour Efficiency, SPI, CPI, Procurement Reliability and Contingency Burn Rate.

The findings are synthesized into an integrated project controls framework. This framework connects cost control, schedule control, look-ahead planning, procurement risk log, productivity dashboards and contingency management. In this way, project management moves from retrospective reporting to proactive control, aiming to identify negative trends before they develop into major deviations.

IV. CONCLUSIONS

The thesis concludes that the successful management of large-scale construction projects requires an integrated and dynamic approach. Cost, time, productivity, procurement and risk cannot be evaluated in isolation, because they interact continuously and affect the overall performance of the project.

The main contribution of the study is that it transforms actual project data into an applied managerial analysis framework. Sensitivity analysis enables the identification of critical cost and time drivers, the comparison of alternative scenarios and the formulation of practical optimization strategies. The most important recommendations concern targeted cost control for Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction and Contingency, systematic monitoring of critical and near-critical paths, early procurement strategy for critical packages, productivity indicators and active management of contingency reserves.

Despite its limitations, mainly the use of deterministic scenarios rather than stochastic simulation, the study provides a strong framework for understanding the sensitivity of complex projects. Future research could incorporate Monte Carlo simulation, complete Earned Value Management data and comparative application to additional resort

projects. Overall, the thesis confirms that sensitivity analysis, when based on actual project data and connected with practical project controls tools, can serve as a meaningful decision-support mechanism and contribute to the successful delivery of large-scale construction projects.

REFERENCES

- Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
- International Organization for Standardization. (2020). ISO 21502:2020 - Project, programme and portfolio management: Guidance on project management. ISO.
- Kerzner, H. (2022). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13th ed.). Wiley.
- Meredith, J. R., Shafer, S. M., & Mantel, S. J. (2021). Project management: A strategic managerial approach (11th ed.). Wiley.