

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba

Hornicko – geologická fakulta

Institut geodézie a důlního měřictví

Specifika geodetických metod v egyptské archeologii

Disertační práce

Autor:	Ing. Vladimír Brůna
Školitel:	prof. Ing. Hana Staňková, Ph.D.
Studijní program:	Geodézie a kartografie
Studijní obor:	Důlní měřictví a geodézie

Ostrava 2023

Abstrakt

Disertační práce pojednává o problematice geodetických metod v prostředí egyptské archeologie. Dokumentační metody jsou důležitou částí terénního archeologického výzkumu. Vytváří se jednoduché náčrty, slovní popis, kresba na milimetrový papír v měřítku při použití jednoduchých pomůcek. V posledních desetiletích se při archeologickém výzkumu používají moderní metody a technologie. Dokumentace je rychlejší a archeolog získává nové datové soubory, které mu ukazují jiný úhel pohledu na lokalitu. V oblasti geodézie se používají výkonné totální stanice s integrovaným GPS přijímačem a laserovým skenerem. Další metoda sběru dat v archeologii je dálkový průzkum, pozemní a letecké laserové skenování.

Disertační práce se věnuje roli geodézie v archeologickém výzkumu se zaměřením na archeologii v podmínkách Egypta. V teoretické části práce jsou popsána specifika geodetických metod, vliv přírodních podmínek na měření, vliv na přístroje a administrativní omezení. Stručná část se věnuje historii a současnosti využívání metod geodézie v české egyptologii. Začátky využívání geodetických a fotogrammetrických metod při výzkumech v Núbii v 60. letech minulého století. Také začátky prací na pyramidovém poli v Abúsíru, dokumentací hrobky Ptahšepsese, budování geodetické sítě. Stručně jsou popsány některé moderní metody sběru a zpracování dat. Dálkový průzkum Země, geofyzikální metody, mapování pomocí GPS, terestrické laserové skenování, využití GIS a 3D modelování pomocí průsekové fotogrammetrie.

V praktické části je popsána metoda komplexní dokumentace vybraného archeologického objektu. Jde o hrobku hodnostáře TY v severní Sakkáře. Metoda geodetického měření, terestrické laserové skenování a průseková fotogrammetrie. Postup zpracování dat a tvorba výstupů. Samostatná kapitola je věnována problematice komparace historické dokumentace a její srovnání s novými daty a další kapitola pojednává o metodě dokumentace šachty a pohřební komory vybraného objektu.

Klíčová slova: geodézie, důlní měřictví, egyptologie, laserové skenování, 3D modelování, Abúsír, hrobka hodnostáře TY, severní Sakkára

Abstract

The dissertation deals with the problems of geodetic methods in the environment of Egyptian archaeology. Documentation methods are an important part of field archaeological research. Simple sketches, verbal description, drawing on millimetre scale paper using simple tools are produced. In recent decades, modern methods and technologies have been used in archaeological research. Documentation is faster and archaeologists are acquiring new datasets that give them a different angle on the site. In the field of surveying, powerful total stations with integrated GPS receiver and laser scanner are used. Other methods of data collection in archaeology are remote sensing, terrestrial and airborne laser scanning.

This dissertation examines the role of geodesy in archaeological research with a focus on archaeology in the Egyptian context. The theoretical part of the thesis describes the specifics of surveying methods, the influence of natural conditions on measurement, the effect on instruments and administrative constraints. Another part of the thesis is devoted to the history and present use of geodesy methods in Czech (Czechoslovak) Egyptology. The beginning of the use of geodetic and photogrammetric methods in excavations in Nubia in the 1960s and the beginning of work on the pyramid field at Abusir, the documentation of the tomb of Ptahshepses and the building of a geodetic network. Some modern methods of data collection and processing are briefly described. Remote sensing, geophysical methods, mapping with GPS receivers, terrestrial laser scanning, use of GIS and 3D modelling with cross-sectional photogrammetry.

The practical part describes the method of complex documentation of a selected archaeological object, which is the tomb of a TY dignitary in northern Saqqara. Geodetic methods, terrestrial laser scanning and cross-sectional photogrammetry were used for documentation. The data processing procedure and the production of outputs are described. A separate chapter is devoted to the problem of comparing historical documentation and its comparison with new data, and another chapter discusses the method of documentation of the shaft and burial chamber of the selected object.

Keywords: geodesy, mine surveying, Egyptology, laser scanning, 3D modeling, Abusir, tomb of TY, northern Saqqara

Čestné prohlášení a souhlas s publikováním

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně, dle pokynů školitele, s použitím vlastního sběru dat a uvedené literatury, v souladu se směrnicí děkana č. HGF_SME_10_001 disertační práce a autoreferát a v souladu se Studijním a zkušebním řádem pro studium v doktorských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

V souladu s § 47a zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů souhlasím s publikováním textu své disertační práce na webové stránce HGF VŠB-TU Ostrava.

V Mostě dne 31.12. 2023

Vladimír Brůna

Motivace

Archeologie jako poměrně mladá věda, vznikla v 18. století a navázala na obchodování se starožitnostmi, zkoumá historii lidské společnosti na základě archeologických pramenů. Archeologie hledá odpovědi na otázky, jak lidé žili v minulosti, jakou strukturu a funkci měla společnost a k jakým změnám v ní docházelo. Hledá příčiny a vzájemné souvislosti. Zkoumá nejen hmotný, ale i duchovní svět. Dnes není archeologie izolovanou vědou, její poznatky pomáhají porozumět nejen historii, ale především budoucnosti lidské společnosti. Archeologie bezpochyby má co říci k aktuálním tématům jako jsou společenské a ekonomické krize, taktéž k problematice životního prostředí. Příkladem jsou práce prof. Miroslava Bárty z ČEGÚ FF UK, který se vedle archeologických výzkumů v Egyptě a v Súdánu, zabývá problematikou kolapsu kultur a civilizací. A právě archeologické výzkumy jsou důležitým zdrojem k jeho studiu.

Nedílnou součástí terénního archeologického výzkumu je dokumentace odkrytých a zkoumaných archeologických objektů. Archeologická situace se zaznamenává do polního deníku, kreslí se náčrty, písemné záznamy, fotografie a pro záznam prostorové struktury se používají geodetické metody, jako podklady metody kartografické, v posledním čtvrtstoletím GIS, metoda dálkového průzkumu, laserového skenování a 3D modelování.

Hlavním motivem ke zpracování předložené disertační práce bylo poukázat na problematiku a zejména specifika geodetických metod v egyptské archeologické praxi. Role geodézie v egyptologickém výzkumu je velmi málo popisována, přitom se jedná o roli klíčovou. Znalost prostorové struktury archeologických objektů, jejich polohové a výškové členění je důležitá pro interpretaci a poskytuje archeologovi jiný úhel pohledu.

Moje spolupráce s archeology začala na konci 90. let minulého století. I do archeologie začaly vstupovat digitální technologie, geodetické totální stanice umožnily importovat výsledky měření do prostředí CAD a GIS. Digitalizovaly se historické a současné mapy a zvýšil se podíl dat z dálkového průzkumu. Výsledkem spolupráce s archeology z ÚAPPSZ Čech v Mostě byl jeden z prvních GIS projektů v české archeologii. Jednalo se o import více než 50 000 záznamů archeologických lokalit ze severozápadních Čech do prostředí GIS ARC VIEW. Digitální geodatabáze umožnila na základě otázek archeologa analyzovat prostorová data, provádět výběry dle daných atributů a vytvářet digitální archeologické mapy.

V roce 2001 jsem se stal stálým členem archeologických expedic ČEgÚ do Egypta a Súdánu. Navázal jsem na práci kolegů z ČVUT a postupně jsem s kolegy aplikoval nové metody dokumentace, a to nejen pomocí geodetických metod, ale i metod dálkového průzkumu Země, mapování pomocí GPS, terestrického laserového skenování a 3D modelování. A právě zkušenosti a vybrané výsledky představuji ve své disertační práci.

Rád bych na tomto místě poděkoval rodině a přítelkyni Mgr. Sylvě Pavlasové za trpělivost a podporu, kterou mi věnovali v průběhu celého studia a při zpracování této disertační práce. Velký dík patří mé školitelce prof. Ing. Haně Staňkové, PhD., za příkladné vedené v průběhu studia, stejně tak doc. Ing. Pavlu Černotovi, PhD., vedoucímu katedry geodézie a důlního měřictví. Díky patří kolegyním a kolegům z Českého egyptologického ústavu FF UK v Praze, zejména prof. Mgr. Miroslavu Bártovi, Dr., který mě v roce 2000 při našem prvním setkání oslovil s nabídkou spolupráce a ta trvá dodnes.

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	11
Seznam zkratk:	12
1 Úvod	14
2 Cíle disertační práce	16
3 Přehled o současném stavu řešené problematiky	18
3.1 Dokumentační metody v archeologickém výzkumu	18
3.1.1 Metoda geodézie	18
3.1.2 Kartografie a význam mapových podkladů pro poznání lokality	20
3.1.3 Dálkový průzkum Země.....	22
3.1.4 Geofyzikální měření	25
3.1.5 Metoda průsekové fotogrammetrie	27
3.1.6 Laserové skenování	27
3.1.5 Metoda průsekové fotogrammetrie	28
3.2 Role geodézie v archeologii.....	29
3.2.1 Specifika geodetických prací v egyptském archeologickém výzkumu	30
3.1.2 Dokumentované objekty v egyptské archeologii.....	32
3.1.3 Historie a současnost geodézie v české egyptologii.....	36
3.1.4 Geodetické bodové pole na archeologické koncesi v Abúsíru	38
3.1.4.1 Metoda a technologie	39
3.1.4.2 Stabilizace geodetických bodů	39
3.1.4.3 GNSS zaměření	40
3.1.4.4 Transformace souřadnic	41
3.1.4.5 3D Helmertova transformace	43
3.1.4.6 Závěrečná poznámka ke kapitole	43
3.1.5 Poznámka k přesnosti geodetických metod v egyptské archeologii	48
4 Metoda komplexní dokumentace vybraného archeologického objektu	51
4.1 Hrobka hodnostáře TY v severní Sakkáře	51
4.2 Metoda dokumentace	55
4.3 Geodetické přístroje a pomůcky	56
4.3.1 Geodetické totální stanice	56
4.3.2 Terestrický 3D laserový skener	57
4.3.3 Kamera pro průsekovou fotogrammetrii.....	58
4.4 Souřadnicové připojení hrobky TY a tvorba bodového pole.....	59
4.4.1 Metoda měření geodetického ořipování a její kontrola	60
4.5 Geodetické měření.....	65
4.5.1 Postup měření	66
4.5.2 Kontrolní měření připojení geodetické sítě bodů v hrobce	71

4.5.3	Podrobné měření a tvorba 3D modelu hrobky	73
4.6	Prostorové terestrické skenování	74
4.6.1	Metoda a postup měření.....	74
4.6.2	Zpracování dat... ..	77
4.7	Průseková fotogrammetrie.....	80
5	Komparace dostupné historické dokumentace hrobky hodnostáře TY	83
5.1	Metoda.....	83
5.2	Komparace historických plánů se současným stavem.....	85
5.3	Metoda identifikace hrobky Ptahšepse v severní Sakkáře.....	88
6	Metoda dokumentace šachty číslo 3 mastaby Neferherptaha v jižním Abúsíru.....	92
6.1	Specifika měření v podzemí	93
6.2	Důlní měřictví v egyptské archeologii.....	93
6.3	Metoda dokumentace šachty číslo 3 mastaby Neferherptaha.....	95
6.3.1	Odkrývání šachty a pohřební komory.....	95
6.3.2	Neferherptahova mastaba v jižním Abúsíru (AS65)	97
6.3.3	Šachta č. 3 v hrobce AS65	98
6.3.4	Zpracování dat a tvorba drátěného modelu.....	100
6.3.5	Laserové skenování.....	102
6.3.5.1	Postup skenování.....	102
6.3.5.2	Zpracování výsledků laserového skenování	103
6.3.6	Co je za severní stěnou pohřební komory?.....	106
7	Poznámka k propojení metod geodézie, průsekové fotogrammetrie a pozemního laserového skenování	111
8	Závěr	113
Přílohy		
Příloha 1: Geodetická dokumentace archeologického výzkumu V Egyptě - Metodický návod.....		115
Příloha 2: Chronologické členění dějin starého Egypta.....		119
Soupis bibliografických citací		120
Seznam vlastních publikací souvisejících s tématem dizertační práce		1277

Seznam obrázků

Obrázek 1: Geodetická totální stanice při měření hrobky hodnostáře TY	19
Obrázek 2: Abúsírská nekropole na mapě de Morgana, 1897	21
Obrázek 3: Mapa Sakkáry a Abúsíru – Karl L. Lepsius (1849-1858)	21
Obrázek 4: Abúsír na snímku z WorldView 2	23
Obrázek 5: El Ries na snímku z WorldView 2	23
Obrázek 6: Fotomozaika Intiho hrobky	24
Obrázek 7: Fotomozaika Hetepiho hrobky	24
Obrázek 8: Fotomozaika výzkumu AS70	25
Obrázek 9: Fotomozaika jižní Abúsír	25
Obrázek 10: Výsledky geofyziky u AC27	26
Obrázek 11: Geofyzika Abúsír jih	26
Obrázek 12: Prostorová struktura snímků pro 3D model hrobky AC34.....	27
Obrázek 13: Nepravé dveře Intiho hrobky	28
Obrázek 14: Skenování v pohřební komoře.....	28
Obrázek 15: Archeologická mapa jižního Abúsíru, interpretované objekty.....	34
Obrázek 16: Viditelné struktury hrobek po dešti v jižním Abúsíru	35
Obrázek 17: Geodetické práce v hrobce vezíra Ptahšepsese v Abúsíru v roce 1961 ...	37
Obrázek 18: První část geodetické sítě v abúsírském pyr. poli v roce 1985.....	39
Obrázek 19: Stabilizace geodetického bodu	40
Obrázek 20: GPS přijímač na geodetickém stativu při observaci	41
Obrázek 21: Geodetické body použité k transformaci	45
Obrázek 22: Geodetické body zaměřené GNSS a body zaměřené geodeticky.....	46
Obrázek 23: Struktura geodetické sítě v Abúsíru a vzájemná viditelnost mezi body.	47
Obrázek 24: Přijímač GPS Trimble Catalyst D2 na vrcholu pyramidy Neferirkare....	49
Obrázek 25: Pyramidová pole v dolním Egyptě	52
Obrázek 26: Poloha hrobky hodnostáře TY na satelitním snímku.....	53
Obrázek 27: Hrobka hodnostáře TY [nedatováno]	54
Obrázek 28: Hrobka hodnostáře TY z roku 1878	54
Obrázek 29: Plán hrobky TY, Mariette	56
Obrázek 30: Plán hrobky TY, Mariette.....	56
Obrázek 31: Bod sítě UTM 36N Hayford.....	59

Obrázek 32: Bod bodového pole v Abúsíru	59
Obrázek 33: Struktura bodů pro souřadnicové připojení hrobky TY	62
Obrázek 34: Stanovisko T3 a orientační body T1 a T4.....	64
Obrázek 35: Stabilizace bodu pomocí hřebu	66
Obrázek 36: Stabilizace bodu pomocí geodetické značky	66
Obrázek 37: Geodetické body ve dvoře	66
Obrázek 38: Geodetické body ve vstupu do hrobky	66
Obrázek 39: Geodetické body v kapli, serdábu a ve skladu.....	67
Obrázek 40: Řez vstupu do podzemí a směr zaměření pevného bodu.....	68
Obrázek 41: Struktura geodetických bodů v podzemí hrobky.....	69
Obrázek 42: Geodetická síť hrobky hodnostáře TY	70
Obrázek 43: Jižní serdáb	71
Obrázek 44: Průhled do serdábu z kaple	71
Obrázek 45: Vnitřek jižního serdábu	72
Obrázek 46: Horní vstup do jižního serdábu.....	72
Obrázek 47: Drátěný model hrobky hodnostáře TY	74
Obrázek 48: Skenování v sestupné chodbě do pohřební komory	75
Obrázek 49: Skener nad šachtou	75
Obrázek 50: Skenování v pohřební komoře	76
Obrázek 51: Skenování v kapli	76
Obrázek 52: Skenování v pohřební komoře	76
Obrázek 53: Struktura stanovisek skeneru v hrobce TY.....	77
Obrázek 54: Prostředí programu Leica Cyclone 360.....	78
Obrázek 55: 3D model hrobky hodnostáře TY	79
Obrázek 56: Boční pohled ze západu na hrobku TY	79
Obrázek 57: Metoda fotografování pro 3D model objektu.....	80
Obrázek 58: Polohy fotoaparátu při sběru dat.....	81
Obrázek 59: Boční pohled na 3D model vstupu do podzemí.....	81
Obrázek 60: Pohled shora na soustavu šachet na západní straně hrobky TY	82
Obrázek 61: Vstupní koridor do hrobky TY.....	82
Obrázek 62: Vlícovací body pro georeferenci historických plánů.....	84
Obrázek 63: Komparace plánu z r. 2018 a plánu Marietta.....	85
Obrázek 64: Detail komparace	85
Obrázek 65: Komparace plánu z r. 2018 a plánu Steindorfa	86

Obrázek 66: Detail komparace	86
Obrázek 67: Plán hrobky TY	87
Obrázek 68: Plán hrobky TY	87
Obrázek 69: Plán hrobky TY	87
Obrázek 70: Plán hrobky TY	87
Obrázek 71: Plán Nimatrea C17.....	88
Obrázek 72: Plán Ptahšepsese C1	Chyba! Záložka není definována. 88
Obrázek 73: Nepravé dveře Ptahšepsese	89
Obrázek 74: Poloha hrobky Ptahšepsese.....	89
Obrázek 75: Hrobka Ptahšepsese interpretovaná na satelitním snímku.....	90
Obrázek 76: Zkoumané hrobky v severní Sakkáře	90
Obrázek 77: Plán hrobky Ptahšepsese	91
Obrázek 78: Rumpál nad šachtou	96
Obrázek 79: Elektrický vrátek nad šachtou	96
Obrázek 80: Poloha hrobky AS65 na satelitním snímku	97
Obrázek 81: Základní plán hrobky AS65 z roku 2010.....	98
Obrázek 82: Geodetická totální stanice nad šachtou č. 3	100
Obrázek 83: Měření v pohřební komoře	100
Obrázek 84: Půdorys šachty s pohřební komorou	101
Obrázek 85: Drátěný model pohřební komory a šachty.....	101
Obrázek 86: Příprava skenování v druhé úrovni šachty.....	102
Obrázek 87: Polní náčrt postupu skenování.....	103
Obrázek 88: Záznam o zpracování dat v programu Leica Cyclone 360	104
Obrázek 89: Pohled na model z východu	105
Obrázek 90: Řez šachtou a pohřební komorou	105
Obrázek 91: Barevná interpretace sklonů normálových ploch	106
Obrázek 92: Prostorová interpretace ve formě horizontálních řezů	106
Obrázek 93: Vzdálenosti průniku paprsků skeneru mimo šachtu č. 3	107
Obrázek 94: Otvor v severní stěně pohřební komory šachty č. 3	107
Obrázek 95: Srovnání půdorysu 3D modelu a plánu AS65	108
Obrázek 96: Vzdálenosti průniku paprsků po georeferenci 3D modelu a plánu	109
Obrázek 97: Skener v ocelové vaně	110
Obrázek 98: Skener při sběru dat	110
Obrázek 99: Propojení drátěného modelu a dat v programu AutoCAD	111

Seznam tabulek

Tabulka 1: Souřadnice bodů zaměřených pomocí GNSS	42
Tabulka 2: Seznam souřadnic bodů použitých k transformaci	43
Tabulka 3: Transformační klíč - Helmert 7 Parameter	43
Tabulka 4: Tabulka bodů v systému UTM 36N WGS84 a UTM 36N Hayford	60
Tabulka 5: Souřadnice z prvního měření v roce 2018 ze stanovisek 5011 a 5097	61
Tabulka 6: Seznam souřadnic bodů 700,701 a 702 z měření v roce 2018.....	62
Tabulka 7: Souřadnice z kontrolního měření v roce 2019 ze stan. 5011 a 5097.....	63
Tabulka 8: Odchytky u jednotlivých bodů – měření ze stanovisek 5011 a 5097 v roce 2019.....	63
Tabulka 9: Souřadnice bodů 700. 701 a 702 – průměr ze dvou měření 2019.....	63
Tabulka 10: Odchytky u jednotlivých bodů z měření v roce 2018 a z kontrolního měření z roku 2019.....	63
Tabulka 11: Souřadnice bodů určených z bodů T1 a T4	65
Tabulka 12: Odchytky na bodech 700, 701 a 702 z měření z roku 2018 a z měření z roku 2019	65
Tabulka 13: Souřadnice bodu ze dvou měření a jejich odchytky.....	72
Tabulka 14: Počet dnů skenování, počet stanovisek skeneru a objem dat.....	77

Seznam zkratek:

České zkratky:

ČEgÚ	Český egyptologický ústav
ČVUT	České vysoké učení technické
GIS	Geografický informační systém
GTS	Geodetická totální stanice
DPZ	Dálkový průzkum Země
PFTGM	Průseková fotogrammetrie
IT	Informační technologie

Cizojazyčné zkratky:

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CAD	Computer Aided Design
DXF	Drawing Exchange Format
GPS	Global Position System
SHP	Shape File ESRI Format
TLS	Terrestrial Laser Scanning
UAV	Unmanned aerial vehicle

Faraon s bohyní a měřickým provazcem



*“Tento král (Sesostris) prý též zemi mezi všechny Egyptany rozdělil, dala každému stejný díl čtverhranný; z těchto statků měl své důchody, přikázav, aby se mu každoročně poplatek odváděl. Jestliže komu z jeho pozemků řeka (Nil)kus urvala, šel ke králi a zvěstoval mu, co se stalo; král pak vysílal lidi, aby dohlédli a vyměřili, oč se jeho statek zmenšil, aby příště poměrný poplatek odváděl. Tak se **zeměměřictví** vynašlo, jež potom dle mého zdání do Řecka přišlo. Slunečné hodiny, sloupy časoměrné (gnomony) a rozvržení dne na dvanáctero částí přijali Řekové od Babylónských.”¹*

Hérodotos

¹ Arnošt Kolman: Dějiny matematiky ve starověku. Academia Praha 1968, str. 71-72.

1 Úvod

Vznik vědního oboru nazvaného archeologie se datuje od konce 17. století. Archeologové studují minulost člověka a společnosti na základě archeologických pramenů a nedílnou součástí archeologického terénního výzkumu je dokumentace studovaného území (lokality, koncese). Dokumentačních metod zobrazení a převodu reálného stavu výzkumu do analogové či digitální formy je celá řada. Od slovního popisu, náčrtu, jednoduchého plánu či fotografie studovaných archeologických objektů a artefaktů. V posledním čtvrtstoletí je patrný zásadní vliv nových metod a postupů pro sběr a zpracování dat, nazývaných *geotechnologie*² a směřování ke komplexní digitalizaci archeologického výzkumu. Základní dokumentační metodou však zůstává ta nejstarší a nejjednodušší, kdy archeolog si sám dokumentuje výzkum pomocí jednoduchých měřických pomůcek (pásmo, olovnice, skládací metr, geodetický hřeb, milimetrový papír), pomocí nichž vytváří základní půdorysné plány, řezy a ty doplňuje detailními prvky archeologické situace, které následně interpretuje a analyzuje.

Při této metodě hraje významnou roli subjektivní pohled archeologa, který vkládá do tvorby dokumentace své dovednosti, zkušenosti a znalosti. S tím souvisí možný problém vlastní interpretace objektu, která je subjektivní a je pravděpodobné, že jiný archeolog by provedl interpretaci situace a její grafické znázornění více či méně odlišně. Tato skutečnost je však archeologické obci známa a případné odlišnosti či chyby lze v procesu dokumentace a interpretace minimalizovat. Na tomto místě by mohla přijít otázka: “Nestačí tyto jednoduché metody archeologovi k jeho bádání? Potřebuje ke své práci nové geoinformační technologie a metody sběru prostorových dat?”.

Často je archeologie pojímána jako konzervativní věda, ve které se nové metody uplatňují velmi pomalu. Osobní zkušenost doktoranda s více než 30letou spoluprací s archeology v tuzemsku, v Egyptě a v Súdánu dává autorovi jednoznačnou odpověď. Ano, má smysl aplikovat v archeologickém výzkumu nové geotechnologie, digitální metody a další novinky, které rozvoj IT a obecně digitalizace přináší.

² Geotechnologie souvisí s pojmem geoinformatika a zahrnují soubor metod sloužících ke sběru a analýze digitálních prostorových dat, mezi metody zahrnujeme geodézii, digitální kartografii, GIS, DPZ, laserové skenování, 3D modelování, průsekovou fotogrammetrii, mapové portály s archeologickou tematikou, ad.

Má to však několik úskalí. Je třeba si uvědomit, že digitální dokumentační metody jsou pouhým *nástrojem – prostředkem*, který přináší nový typ prostorových dat, např. terestrické laserové skenování (TLS), netradiční pohledy na archeologický výzkum metodou dálkového průzkumu Země (DPZ), možnost prostorových analýz a syntéz v prostředí geografického informačního systému (GIS) a celkové zrychlení procesu dokumentace.

Jsou-li nové digitální metody pouze nástrojem – prostředkem pro sběr prostorových dat, je na místě otázka, co se s daty bude provádět následně. Klíčem je soubor otázek a zadání ze strany archeologa, na které pomocí získaných prostorových dat společně s geoinformatikem hledá odpovědi. V případě absence zadání často ztrácí smysl hromadění materiálně a finančně nákladných dat. Jsou případy, kdy někteří badatelé vzhlíží k moderním dokumentačním geotechnologiím, očekávají od nich rychlé řešení a vytváří si iluze o jejich výjimečnosti a dokonalosti [19]. Proto je potřeba kritického pohledu na data, jejich verifikaci a interpretaci. Nezbytná je proto úzká spolupráce archeologa a geoinformatika. Jeden klade otázky a druhý hledá pomocí nástrojů – programů, společně cestu k jejich řešení, k odpovědím.

Oblast aplikace geotechnologií v archeologickém výzkumu je velmi rozsáhlá a každá metoda by vydala za samostatné podrobné zpracování. Proto se disertační práce zabývá pouze jednou z metod a tou je metoda geodézie a její využití ve specifických podmínkách archeologického výzkumu v Egyptě. Nejde však o izolovanou metodu dokumentace, naopak, geodetické metody jsou úzce spjaty s dalšími geotechnologiemi, které jsou vzájemně propojené a na sobě závislé.

2 Cíle disertační práce

Hlavním cílem disertační práce je prezentace specifických geodetických metod a jejich praktické aplikace při dokumentaci v egyptské archeologii.

Jednotlivé cíle práce vycházejí z metod a postupů dokumentace v egyptské archeologii. Zaměřují se na geodetické metody a jejich specifika, a jsou doplněna o dílčí úlohy s využitím dalších geoinformačních technologií (GIS, CAD, DPZ, TLS, PFTGM). Pro úspěšné aplikace uvedených metod je nezbytné jejich vzájemné propojení.

Dokumentační metody jsou prezentovány na praktické úloze komplexní dokumentace hrobky hodnostáře TY v severní Sakkáře, který byl objeven v roce 1860 a u něhož chybí podrobná měřická a plánová dokumentace. Druhým objektem, který byl geodeticky dokumentován, je šachta č. 3 s pohřební komorou objektu AS65 v jižním Abúsíru.

Jednotlivé cíle disertační práce

1. Přehled o současném stavu řešené problematiky

Jsou popsány používané dokumentační metody v archeologii. Stručně je charakterizována každá z metod, včetně připojení ukázky – příkladu. V druhé části kapitoly je detailněji popsána role geodézie v archeologii a samostatně v egyptské archeologii, její specifika a metodické postupy, včetně historických základů. Je podán přehled o geodetických činnostech na abúsírské koncesi (geodetická síť abúsírské nekropole), včetně jejich historického vývoje. Krátce je diskutována otázka přesnosti a propojení geodézie s jinými oblastmi geoinformatiky.

2. Metoda komplexní dokumentace hrobového komplexu TY

Klíčová část práce obsahuje přehled geodetických postupů při dokumentaci hrobky hodnostáře TY v severní Sakkáře (tvorba sítě geodetických bodů, souřadnicové připojení hrobky, měření jejích nadzemních a podzemních částí). Pro srovnání geodetického měření s dalšími dokumentačními metodami byl použit 3D model hrobky pořízený terestrickým laserovým skenováním a v dílčí části i dokumentace metodou průsekové fotogrammetrie.

3. Komparace dostupné historické dokumentace

Jak *přesně* byla hrobka dokumentována v různých obdobích od roku 1860 po současnost. Zejména dokumentace jejích podzemních částí. A dokážeme hledat odpovědi na otázku, jakým způsobem bylo podzemí vybudováno?

4. Metoda dokumentace šachty č. 3 objektu AS65

Na základě metody geodetického měření a laserového skenování byl vytvořen prostorový model šachty s pohřební komorou a následně provedena analýza vzájemných prostorových vztahů v rámci objektu AS65.

5. Propojení metod geodézie, průsekové fotogrammetrie a pozemního laserového skenování

Srovnání uvedených dokumentačních metod, jejich přínos pro archeologickou dokumentaci. Budoucnost archeologické digitální dokumentace v egyptské archeologii.