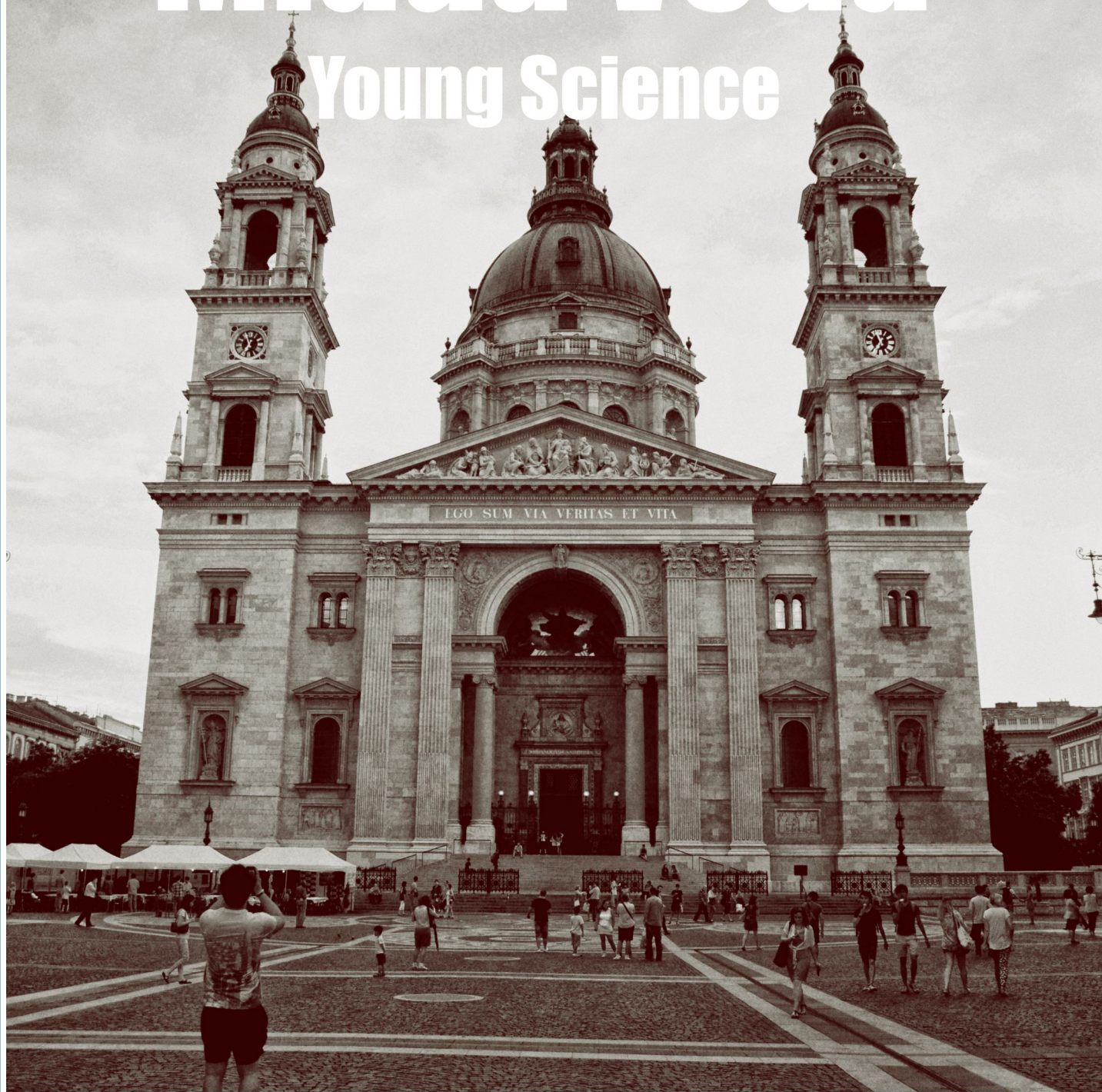


Mladá veda

Young Science



Rozhovor s prof. Milošom Zelenkom

Prvá celoštátna spartakiáda v roku 1955

Výdavky študentov - kto míňa viac?

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

November 2015 (číslo 2)

Ročník tretí

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Budapešť 2014. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoja, Univerzita Karlova, Praha)

doc. PaedDr. Peter Čuka, PhD. (Katedra cestovného ruchu, Slezská univerzita v Opavě)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Barányiová (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

Mgr. Richard Nikischer, Ph.D. (Sociologický ústav Akademií věd ČR, Praha)

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSS UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

AUTOMATIZÁCIA V OBLASTI MECHANIZOVANÝCH ZEMNÝCH PROCESOV

THE AUTOMATIZATION IN THE AREA OF MECHANIZED EARTHWORK PROCESSES

Lucia Paulovičová¹

Autorka pôsobí ako interná doktorandka na Katedre technológií stavieb na Stavebnej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Vo svojom výskume sa venuje problematike multikriteriálnej optimalizácie mechanizovaných zemných procesov, ktorej výstupom by mala byť metodika výberu strojov pre oblasť stavebníctva, najmä pre stavebno-technologických projektantov, ktorým by umožnila navrhnuť stavebné stroje pre zemné práce a ich zostavy v krátkom čase s ohľadom na požadované vstupy a kritéria optimality.

Author works as a PhD student at the Department of Building Technology at the Faculty of Civil Engineering at the Slovak University of Technology in Bratislava. Her research is devoted to the multicriteria optimization of mechanized earthwork processes, outputs of which will be a methodology of machine selection to civil engineering field of study, especially for buildings planners to whom this method will help in a short time to propose building machines and their groups for selected earth processes with respect required inputs and optimal criteria.

Abstract

In recent years the development of electronics and mechatronics has been noticeable and incorporation of most advanced technologies derived from studies in the area of civil engineering has made it possible to automate and robotize earthwork machines. Earthworks prevent every extensive construction works and in fact they form the basis for the success of the whole construction. That means, the more accurate they will be implemented, the more you will save money and time. The greater the quality of execution of earthworks contribute most modern methods of machine control for the implementation of earthworks based automation and robotics. The aim of this paper is to present the latest technologies that can be applied in the field of earthwork processes and analyze their possibilities of application in our conditions.

Key words: automatization, earthwork, machines

¹ Adresa pracoviska: Ing. Lucia Paulovičová, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava
E-mail: lusy.paulovicova@gmail.com

Abstrakt

Vďaka neustálemu vývoju v oblasti elektroniky a mechatroniky v posledných rokoch a takisto vďaka rozsiahlym štúdiám, ktoré boli spracované v oblasti zemných procesov je dnes možné automatizovať a robotizovať stroje pre zemné práce. Zemné práce predchádzajú všetkým rozsiahlejším stavebným dielam a v podstate tvoria základ úspechu celej stavby. To znamená, čím presnejšie budú prevedené, tým viac sa ušetrí finančných prostriedkov a času. K väčšej kvalite prevedenia zemných prác prispievajú najmodernejšie metódy riadenia strojov pre realizáciu zemných prác na báze automatizácie a robotizácie. Cieľom tohto príspevku je predstaviť najnovšie technológie, ktoré je možné uplatniť v oblasti zemných procesov a analyzovať ich možné nasadenie v našich podmienkach.

Kľúčové slová: automatizácia, zemné práce, mechanizácia

Úvod

Rozvoj zemných prác je zákonite spätý a podmienený podielom mechanizácie stavebného procesu. Pri realizácii zemných prác sa často stretávame s problémom presnosti prevedenia týchto prác. Jednou z možností zvyšovania presnosti týchto prác je ich automatizácia, ktorá eliminuje ľudský faktor a pri efektívnej realizácii môže zvýšiť produktivitu až o 50 až 200%. Automatizovaným riadením a determinovanou presnosťou a lokalizáciou stavebného stroja dochádza k optimalizácii využitia energie hnacieho motora stroja pri každom režime jeho zaťaženia, čím dochádza k poklesu strojohodín. Výsledok je zníženie spotreby pohonných hmôt, predlžovanie životnosti stroja a v neposlednom rade znižovanie vlastných nákladov spojená s úsporou materiálu a pracovných síl. K tomu slúži progresívna technika a technológia, ktorá sa uplatňuje najmä pri navigácii stavebných strojov a to najmä pri automatickom sledovaní polohy stroja, automatickom riadení polohy hlavných pracovných nástrojov a automatickom riadení smeru celého stroja. Práce, ktoré sa realizujú za použitia uvedených systémov riadenia sa vyznačujú veľkou presnosťou sklonu urovnaných plôch, výkopov a vôbec nivelety vo všetkých smeroch, prípadne rovnomerným zhutnením zvlášť veľkých plôch. Je treba si uvedomiť, že používanie týchto nových metód pre riadenie práce stavebných strojov je základnou podmienkou konkurencieschopnosti na dnešnom stavebnom trhu a predstavuje základný smer pri rozvoji a modernizácii strojového parku stavebnej firmy. Hlavným cieľom mechanizácie stavebných prác patrí zvyšovanie produktivity, kvality prevedenia a bezpečnosti práce cestou zdokonaľovania činnosti strojov a ich zostáv. Vývoj mechanizácie v oblasti zemných procesov neustále napreduje a prináša so sebou široké spektrum strojov, ktoré je možné uplatňovať pri zemných procesoch. Výrobcovia pokračujú v trende obmedzovania vplyvu ľudského činiteľa na optimálny chod jednotlivých strojov, čím sa do popredia dostáva oblasť automatizácie a robotizácie zemných procesov. V tejto súvislosti ide najmä o rozvoj mechatroniky, ktorej cieľom je dosiahnutie optimálnej energetickej súčinnosti všetkých mechanických, hydraulických, elektrických a elektronických konštrukčných celkov na danom stroji. Rozširujú sa systémy multifunkčného riadenia a ovládania strojov, ktoré skracujú pracovné cykly a zvyšujú produktivitu práce. Zavádzajú sa nové techniky prenosu strojných dát, monitorovanie prevádzkových ukazovateľov a diaľkového sledovania a riadenia prevádzky stavebných strojov.

Automatizácia činnosti stavebných strojov

Stroj je mechanické zariadenie premieňajúce jeden druh energie na iný alebo vykonávajúci rôzne pracovné operácie. Podľa toho delíme stroje na hnacie (motory) a pracovné. Medzi hnacie stroje patria tepelné motory (parné, spaľovacie), vodné motory, veterné motory, elektrické motory a podobne. Pracovné stroje uskutočňujú zmenu tvaru, veľkosti, vlastností a polohy spracovávaného materiálu. Skladajú sa z pohonného, prevodného a pracovného mechanizmu. Mechanizmus je potom kinematická sústava u ktorej určitému pohybu hnacieho člena odpovedá predpísaný pohyb hnacieho člena. Stroje zostavujeme do strojných zostáv, kde participujú pevné stroje - výrobné stavebných hmôt a dielcov a strojných zostáv, kde patria pohyblivé stroje na stavenisku. Pri komplexnej mechanizácii stavebných prác je stavebný materiál prepravovaný vo všetkých fázach výrobného procesu od stroja k stroju bez zásahu ručnej práce. Ďalší vývojový stupeň je predstavuje automatizácia, ktorá oslobodzuje človeka i od duševnej riadiacej práce a je súčasným trendom v oblasti vývoja strojov [1].

Práve nárast produktivity v oblasti mechanizácie zemných prác sa v súčasnosti čoraz viac spája najmä s automatizáciou týchto procesov, nakoľko tu participuje veľké množstvo strojov. Automatizácia týchto procesov zvyšuje produktivitu a produktivita priamo ovplyvňuje ziskovosť stavebnej firmy. Okrem toho automatizácia prináša aj benefity a trendy v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a v neposlednom rade aj v kvalite prevedenia týchto prác. Vzhľadom na často rozsiahle zemné práce, kde je nutné použiť veľké množstvo mechanizácie, oblasť zemných procesov závisí najmä od použitia stavebných strojov. Napriek značnému rozvoju v oblasti automatizácie je výkon rýpadiel, nakladačov, dozérov a iných strojov v praxi často závislý najmä od skúseností kompetentných pracovníkov, ktorí tieto stroje obsluhujú, čo môže vytvárať problémy, ktoré majú vplyv na celkové riadenie projektu. Problémom u nás je najmä nedostatok kvalifikovaných pracovníkov, ktorí sú schopní tieto stroje obsluhovať a riadiť [2]. Preto sa čoraz viac uplatňujú automatizované riadiace a ovládacie systémy v oblasti mechanizácie zemných procesov, ktoré zvyšujú celkovú účinnosť strojov. V oblasti zemných prác sa uplatňujú najmä systémy, ktoré využívajú globálny lokalizačný systém GPS (Global Positioning System), ktorý býva priamo zabudovaný v stavebnom stroji a je schopný zobrazovať informácie v reálnom čase a v reálnych podmienkach, čím značne zjednodušujú riadenie stavebných strojov. Počas vykonávania zemných prác a obsluhy stavebných strojov dnes môžeme často vidieť, že v priebehu pracovnej činnosti smeruje pohľad strojníka na monitor. Ktorý býva napojený na GPS a prenáša informácie o polohe stroja, jeho výkone, poruchách i prípadných neočakávaných situáciách, ktoré dokáže prístroj analyzovať. Monitor v sebe môže sústreďovať ovládače pre nastavovanie väčšiny funkcií stroja, ako je napríklad ovládanie automatickej klimatizácie, nastavenia pracovných režimov a predvolieb prietokov prídavných hydraulických okruhových, nastavenie a vkladanie bezpečnostného číselného kódu či komplexného systému sledovania nenormálnych funkcií a porúch stroja pre potreby servisných pracovníkov.

V závislosti od rozsahu uplatnenia automatizovaných systémov rozlišujeme čiastočnú, plnú a komplexnú automatizáciu. Čiastočná automatizácia automatizuje len niektoré funkcie alebo časti pracovného úkonu stroja a dá sa použiť bežne u univerzálnych stavebných strojov. Pri plnej automatizácii preberá automat riadenie všetkých operácií a úkonov, ktoré vykonáva

automatizované zariadenie pri určitej fáze výrobného procesu. Komplexná automatizácia oproti plnej automatizácii zaisťuje ako optimalizáciu výrobného procesu, tak i kvalitu produktu výrobného procesu nepretržitou kontrolou kvality. Podľa stupňa automatizácie rozlišujeme [1]:

- zariadenia ovládacie,
- zariadenia regulačné,
- zariadenia kybernetické.

Automatizácia zvyšuje kvalitu výsledného produktu výrobného procesu a tým i jeho trvanlivosť. Zvyšuje sa výkonnosť strojov znižovaním únavy obsluhy a znižuje sa poruchovosť vďaka automatickej kontrole činností jednotlivých skupín stroja. Znižuje sa spotreba energie a vplyvom presnejšieho dávkovania a merania dochádza k zmenšovaniu spotreby stavebných hmôt. Presné automatické riadenie pracovných nástrojov stroja obmedzuje ručné dokončovacie práce na minimum. Docieľuje sa i zvýšenie bezpečnosti práce a pri použití diaľkového ovládania strojov nie je treba pracovať v nebezpečnom a dokonca zdraví škodlivom prostredí. V stavebníctve sa uplatňujú najmä tieto prvky automatizácie: automatické riadenie pracovných nástrojov, programové riadenie, diaľkové ovládanie a automatické pohony stavebných strojov. Robotizácia je najvyšším stupňom automatizácie, kde robotizovaný proces je riadený prostredníctvom kybernetickej ovládacej sústavy. Pomocou nej môže zariadenie pracovať tak, že výsledný produkt má požadované parametre i pri meniacich sa vnútorných aj vonkajších podmienkach, pričom kybernetická sústava môže priebeh výrobného procesu aj optimalizovať.

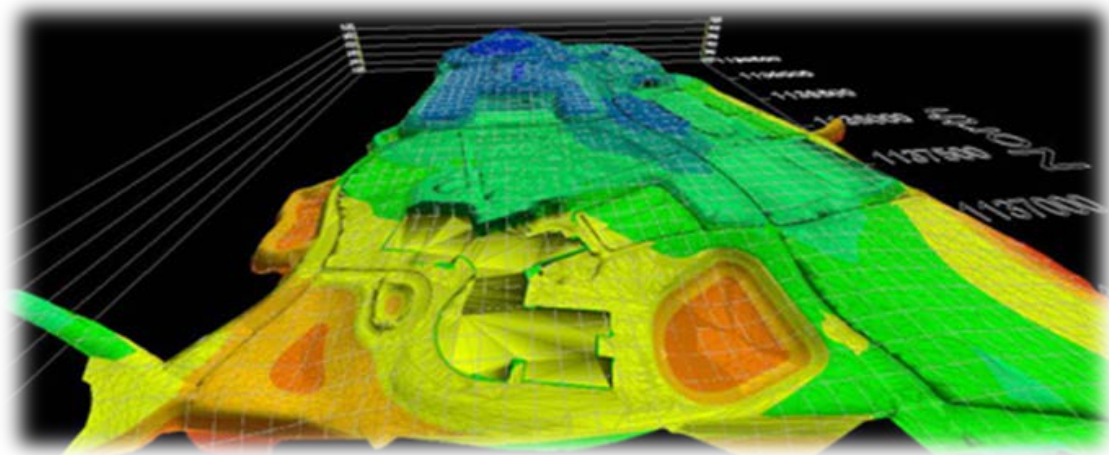
Progresívna 3D technológia riadenia v oblasti zemných prác

Hlavné smery rozvoja mechanizácie stavebných prác sú čoraz náročnejšie na kvalitatívne vlastnosti stavebných strojov, z tohto dôvodu výber stroja pre stavebnú prax musí vychádzať z konfrontácie súčasného stavu s požiadavkami zabezpečovania maximálnej efektívnosti stavebných procesov. Operatívne a rýchle zavádzanie nových poznatkov má za dôsledok zdokonalenie a zefektívnenie výrobných a technologických postupov, vývoj nových strojov a zariadení. Automatizácia, robotizácia znamenala nielen prudký rast produktivity práce, ale aj zvýšenú náročnosť na prírodné zdroje akéhokoľvek charakteru. Nová technika, nové generácie programovateľných strojov pôsobia na rozvoj nových spôsobov a postupov vyhotovenia prác tým, že prijímajú informácie z okolia, vyhodnocujú ich a rozhodujú o optimálnom pracovnom postupe. Automatizácia vytvára možnosti rýchleho zvyšovania produktivity práce, rastu výroby, znižovania vlastných nákladov a zlepšovania kvality výrobkov, možnosti zvyšovania efektívnosti riadenia výroby.

V súčasnosti sa pre komplexné automatické systémy riadenia mechanizácie uplatňujú viaceré technológie ako sú ultrazvukové a laserové senzory v kombinácii s GPS stanicami. V oblasti mechanizovaných zemných procesov nachádzajú uplatnenie aj moderné nivelačné systémy ako je dvojdimenzionálna (2D) a trojdimenzionálna (3D) nivelácia. Dvojdimenzionálna nivelácia umožňuje riadenie strojov pomocou laserového lúča v jednej rovine a umožňuje tvorbu rovných plôch a svahov, pričom pôdorysné okraje zrovnávanej plochy musí dopredu vytýčiť pracovník stavby alebo zodpovedný geodet. Trojdimenzionálna

nivelácia dokáže narozdiel od 2D nivelácie vytvoriť i zložitejší terén, avšak musíme disponovať projektom v trojrozmernej podobe, ktorý si prístroj dokáže načítať a potrebné dáta skontrolovať a upraviť pre zápis do kontrolnej jednotky v stroji. 3D systémy nivelizácie je možné uplatniť pri riadení radlice grejdera, dozéra a takisto nachádzajú uplatnenie i na rýpadlách a scraperoch. Pri náročných stavbách, ktoré sa realizujú na členitom teréne dokážeme dosiahnuť zvýšenie produktivity práce stroja a zároveň znížiť náklady pomocou nivelačného systému 3D, ktorý využíva satelitnú navigáciu s referenčnou GPS stanicou [3].

Realizácii terénnych prác pomocou 3D GPS predchádza tvorba digitálneho modelu terénu. Pri tvorbe digitálnych modelov terénu sa používa progresívna metóda 3D laserového skenovania, ktorá sa vyznačuje vysokou rýchlosťou merania (10 000 bodov/s) a tým ponúka efektívny spôsob obstarania vstupných informácií pre tvorbu presných priestorových modelov. Pri použití klasických metód totiž dochádza často k zjednodušeniu modelu v dôsledku voľby charakteristických bodov geodetom, čím vznikajú pri vyhodnotení nepresnosti. Výstupom sú vektorové modely, ktoré sú kompatibilné s bežne používanými CAD systémami (viď. Obr. 1).



Obrázok 1 – 3D digitálny model terénu
Zdroj: GEFOS, a. s.

Digitálny model terénu sa uloží na pamäťovú kartu, ktorá bude vložená do 3D riadiacej jednotky. Pomocou tejto jednotky je pri technológii vykopávok dozérmi výška a sklon radlice upravovaná cez riadiacu hydrauliku stroja, čím sa v reálnom čase modeluje terénny profil, ktorý zodpovedá projektovaným hodnotám. Výškové zmeny terénu môže obsluha stroja sledovať na displeji riadiacej jednotky i na diódových lištách, ktoré slúžia na vizuálnu kontrolu. Ďalším prvkom tohto systému je 3D prijímacia jednotka, ktorá spracúva signály vysielané z GPS antén a porovnáva ich s uloženými projektovanými údajmi. Cez pracovnú hydrauliku stroja riadiaca jednotka neustále automaticky upravuje výšku a sklon radlice, čím sa v reálnom čase modeluje terénny profil, ktorá odpovedá projektovaným hodnotám.

Spomínaným CAD systémom, ktorý dokáže vytvárať digitálny model terénu je AutoCAD CIVIL 3D, ktorý je dôležitým podporným nástrojom v príprave dát pre stavebné stroje. Umožňuje rýchlo vytvárať 3D povrchy ako existujúceho terénu, tak i projektov z rôznych dátových zdrojov. Vďaka svojim možnostiam v oblasti analýzy a výpočtu kubatúr sa stal neoddeliteľnou súčasťou procesu a prináša významné úspory pri plánovaní stavby.

Nakoľko každá stavba má dynamický charakter plný náhodných dejov, AutoCAD Civil 3D je tým správnym dynamickým nástrojom, ktorý dokáže akékoľvek zmeny zohľadniť v danom modeli s novou hodnotou kubatúry výkopov alebo násypov. Princíp programu funguje tak, že pred samotnou realizáciou zemných prác sa zameria jestvujúci terén a vytvorí sa súbor súradníc, ktorý sa importuje do Autocadu Civil 3D a z daných súradníc sa automaticky vytvorí 3D povrch skutkového stavu. Z projektovaných rezov a situácie je vytvorený projektovaný povrch, ktorý je porovnaný so zameraným stavom. Porovnaním týchto dvoch povrchov je programom spočítaný objem zemných prác. Vďaka tomu sa ešte pred začatím prác prekontroluje zazmluvnené množstvo vyťaženého a prevezeného materiálu. Táto kubatúra je tiež základom pre naplánovanie prevozných vzdialeností a pomôže ušetriť denné výkony, vďaka čomu je možno lepšie plánovať prácu strojov a ušetriť ekonomiku stavby. AutoCAD Civil 3D prináša nové možnosti v stavebníctve i rýchlejšie a presnejšie riadenie stavieb a zľahčuje prácu stavbyvedúcim, nakoľko vedie dynamicky model prispôbiť akýmkoľvek okolnostiam a požiadavkám stavby. Spojením programu Autocad Civil 3D a dostupných GPS systémov tak má dodávateľ nástroj, vďaka ktorému vedia byť firmy oveľa viac konkurencieschopnejšie.

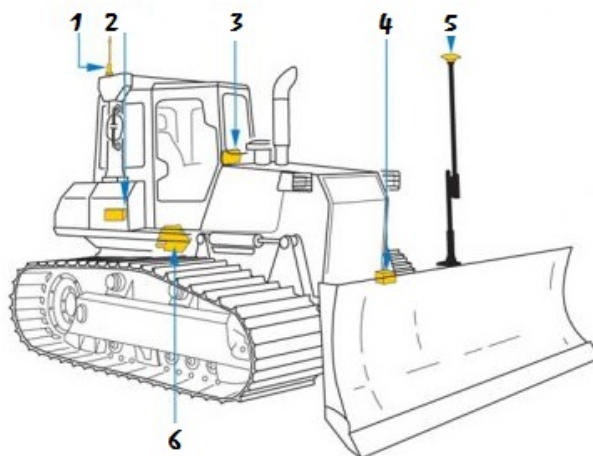
3D GPS systémy v oblasti zemných procesov

Pre určovanie pohybových aplikácií v oblasti zemných procesov v reálnom čase sa uplatňujú predovšetkým systémy, ktoré využívajú systém GPS. Systém GPS predstavuje sieť satelitov obiehajúcich okolo Zeme po presných dráhach, čo poskytuje užívateľom nepretržitú polohovú informáciu. Systém GPS má celkom 31 funkčných satelitov, čo z neho činí plne funkčný a najlepšie obsadený satelitný navigačný systém. Oloufa a kolektív boli jednými z prvých výskumníkov, ktorí zvážili aplikáciu GPS v oblasti stavebných procesov a mechanizácie. Ich výskum sa zameriava na systém detekcie kolízií stavebných strojov v nebezpečnom prostredí a dokáže identifikovať scenáre možnej zrážky medzi jednotlivými strojmi [4]. Lokalizačné systémy GPS sa v oblasti stavebníctva uplatňujú i v odpadovom hospodárstve a v kombinácii s geografickými informačnými systémami a rozsiahlych sietí (WAN) je dôležitou súčasťou monitorovacích systémov [5]. Najväčším prínosom v oblasti stavebníctva a zemných prác bol prístup podľa Hildreth a kolektívu, ktorí priniesli možnosť spracovaných GPS dát preniesť do simulačných modelov [6].

V oblasti zemných procesov sa uplatňuje systém 3D-GPS+ je systém od firmy TOPCON pre automatické riadenie výšky a sklonu, ktorý využíva GPS+ satelitné navigačné technológie. Princíp práce tohto systému je v umiestnení GPS prijímača na pracovnom nástroji stroja, ktorý niekoľkokrát za sekundu vyhodnotí aktuálnu polohu, ktorá je následne porovnávaná voči digitálnemu projektu uloženému v riadiacej jednotke v kabíne stroja. Pričný sklon je kalkulovaný v závislosti na smer pohybu stroja. Zistené výškové a priečne korekcie sú automaticky upravované hydraulikou stroja, ktorá umiestni radlicu do požadovanej výšky a priečného sklonu. V súčasnej dobe sa uplatňuje pri automatizácii zemných prác nová laserová technológia LAZER ZONE, ktorá zvyšuje presnosť vo výške.

Novinkou medzi súčasnými nivelačnými systémami je i nivelačný systém 3D-MC² druhej generácie, ktorý pracuje s veľmi vysokou rýchlosťou a presnosťou v porovnaní s inými nivelačnými systémami. Navyše, systém 3D-MC² dokáže využiť dozéry ako multifunkčné

zariadenia, ktoré sú schopné vykonávať i prácu presných graderov. Systém pracuje pomocou riadiacej jednotky GX-60 spoločne s GPS+ anténou, MC-R3 GPS prijímačom a MC² senzorom priečneho sklonu radlice. Umiestnenie jednotlivých komponentov systému 3D-MC² je zrejmé z nasledovného Obrázku 2.



Obrázok 2 - Prvky systému 3D-MC² umiestnené na dozéri, 1- rádio anténa, 2 – MC R3 GPS prijímač, 3 – GX 60 riadiaca jednotka, 4 – 3D-MC² senzor, 5 – MC- G3 GPS anténa, 6 – hydraulická montážna zostava,
Zdroj: www.cat.sk, vlastné spracovanie

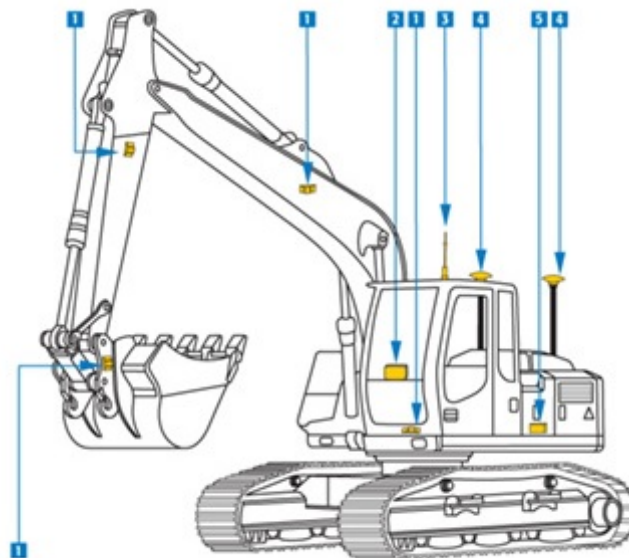
Výhodou celého systému je aktualizácia polohy radlice stokrát za sekundu, čo je päťnásobne viac než iné nivelačné systémy, čo sa odzrkadľuje v kvalite prevedenia vykonaných prác. Obrázok 3 ilustruje rozdiel medzi prácou vykonávanou pomocou konvenčného 3D systému a systému 3D-MC², ktorý nám umožňuje dokonale zrovnať terén, čo šetrí čas, palivo i peniaze.



Obrázok 3 – Zrovnávanie terénu prostredníctvom 3D systémov, vľavo – 3D systém, vpravo – systém 3D-MC²
Zdroj: www.topconpositioning.com

V oblasti vývoja technológie vykopávok rýpadlami Makkonen a kolektív [7] skúmali možnosť kontroly rýpadiel prostredníctvom šiestich stupňov voľnosti, pričom hlavným cieľom bolo kontrolovať pohyb lyžice rýpadla s použitím lokalizačného prístroja v spojení s CAD modelom terénu. Kim a kolektív [8] vyvinul snímače pre detekciu pohybu človeka a vytvoril funkčné príkazy pre ovládanie rýpadla, pričom prevádzkové súbory do rýpadla sú vysielané pomocou bezdrôtovej komunikácie Bluetooth.

Na trhu sa v súčasnosti uplatňuje nivelačný systém 3DXi, ktorý je vybavený dvomi GPS+ anténami, mobilným GPS+ prijímačom a riadiacou jednotkou od firmy Topcon GX-60 s farebnou dotykovou obrazovkou, čo umožňuje pridať presné určenie polohy a smeru rýpadla.



Obrázok 4 – Prvky systému 3DXi umiestnené na rýpadle, 1 – senzor, 2 – riadiaca jednotka GX-60, 3- rádiová anténa, 4-GPS anténa, 5- mobilný GPS prijímač

Zdroj: www.topconpositioning.com

Obsluha rýpadla pracuje podľa trojdimenzionálneho modelu, ktorý sa zobrazuje na riadiacej jednotke vo vnútri kabíny rýpadla. Gravitačné senzory a rozmery rýpadla, ktoré sú zadané v systéme, umožňujú veľmi presné zobrazenie polohy okraja lopaty vzhľadom k modelu terénu. Aplikáciou systému 3DXi sa dá eliminovať zbytočné výkopy a tým získať kontrolu nad spotrebou materiálu, čo znižuje trvanie stavebného procesu i náklady. Systém 3DXi dokáže zaistiť presnú výšku a spád pri špecifických podmienkach staveniska a realizácii hlbokých vykopávk alebo vykopávk pod vodou. Riadiaca jednotka umožňuje, aby obsluha mala prehľad o aktuálnej presnej polohe stroja na stavenisku a súčasne aktuálnej polohe pracovného nástroja - lopaty. Projektovaný povrch a vzdialenosť zubu lopaty od nej sa jasne zobrazujú na riadiacej jednotke. Indikátor výkopu a násypu jednoducho a jasne navádza obsluhu. Výhodou tohto systému je eliminácia nutnosti prítomnosti pracovníka, ktorý by v teréne kontroloval hĺbku výkopu a kvalitu prevedenia vykopávk, čo zvyšuje produktivitu práce a zároveň zvyšuje bezpečnosť a ochranu zdravia pracovníkov pri práci. Systém 3DXi navyše ponúka možnosť používať až šesť rôznych veľkostí lopát. Ak potrebujete v priebehu práce vymeniť lopatu tak jednoducho namontujete novú lopatu, vyberiete ju na displeji riadiacej jednotky a môžete pokračovať v práci. Celá práca je prehľadná i vďaka možnosti zobrazenia rôznych pohľadov, vrátane zobrazenia celého plánu, aktuálneho profilu, prierezu a dvojitého sklonu. Systém sa uplatňuje najmä pri výstavbe diaľnic, rozsiahlych stavieb, skládok, pri výkopoch pod vodou, v priestoroch so zložitým svahovaním, pri plánovaní dopravy materiálu a podobne. Dodatočne sa zvykne používať referenčná stanica GPS+, ktorá

je ustálená nad známym bodom a tým dokáže kalkulovať korekcie a prenášať informácie do stavebného stroja v reálnom čase s centimetrovými presnosťami. Pri použití dodatočného štandardného snímača je možné ovládať a kontrolovať i sklon svahovacej lopaty. S pomocou tohto systému sa môžu realizovať rôzne sklony, profily, zrovnávať povrchy a to rýchlo, presne a v akejkolvek polohe pracovného nástroja.

Uplatnenie moderných 3D GPS systémov v oblasti zemných procesov prináša mnohé výhody, medzi ktoré môžeme zaradiť najmä nárast produktivity pri uplatnení týchto systémov, úsporu materiálu, zvýšenie kvality a variabilnosť uplatnenia tejto technológie a v neposlednom rade zníženie nákladov. Zemné práce sú jedným z prvých procesov na stavbe a zahŕňajú obrovské objemy prác, opakujúce sa pracovné cykly, vysokú spotrebu pohonných hmôt a obvykle musia byť realizované v požadovanom termíne, čo predstavuje vysoké náklady na prenájom stavebných strojov a ich nasadenie. Navyše, ak sa tieto práce realizujú nesprávne, vznikajú na stavbe neskôr chyby a nedostatky a je nutné sa k nim nestále vracieť. Preto sa pri týchto prácach treba zamerať na vysokú kvalitu prevedenia prác, čo umožňujú moderné automatizované systémy. Pri samotnom obstarávaní stavebných strojov alebo takisto i pri ich prenájme preto často nerozhoduje len cena, ale najmä parametre samotného prístroja a kvality prác. Prístroj musí byť schopný pracovať na stavbe bez zbytočných obmedzení, prestojov a ovládanie musí zodpovedať kvalifikácii strojníkov pôsobiacich na stavbe. V súčasnosti sú na stavbách problémy súvisiace s nepresnosťou vykonania prác, a preto každá chyba a nepresnosť spôsobená nekvalitnou technikou môže znamenať nemalé náklady pre zhotoviteľa. 3D nivelačné systémy výrazne obmedzujú prácu geodetov priamo na stavbe, čím sa ušetrí veľa času a nákladov. Ďalšou výhodou je, že i na presnú prácu je možné angažovať menej skúsených, a tým i lacnejších strojníkov. Veľmi dôležitý faktor je aj veľká presnosť zemných prác, ktorá sa dá za pomoci 3D systému tiež veľmi rýchlo skontrolovať. Návratnosť investície do takého typu zariadenia je v závislosti od typu a vyťaženia stroja a realizovanej zákazky už od 1 až 1,5 roka, pričom produktivita práce stroja sa reálne môže zvýšiť až o 200% pri ideálnych podmienkach.

Záver

Súčasná situácia na stavebnom trhu a neustály rozvoj v oblasti informačných technológií, automatizácie a mechanizácie nás núti zavádzať optimalizačné opatrenia, ktoré sú výzvou k zamysleniu sa nad aplikáciou nových postupov a technológií. Automatizácia zemných prác je hlavným činiteľom rastu produktivity práce, efektívnosti stavebnej výroby ako i celkovej kvality prevedenia týchto prác. Hlavné smery rozvoja automatizácie a robotizácie sú čoraz náročnejšie na kvalitatívne vlastnosti stavebných strojov a nasadením moderných prístrojov a technológií dochádza ako k zrýchleniu výkonov, tak i ku skvalitneniu výstupov, čo vedie k dosiahnutiu úspor v tejto oblasti. Príspevok prináša aktuálne informácie a trendy v oblasti automatizácie strojov v oblasti zemných procesov a analyzuje ich využitie a možné uplatnenie v podmienkach nášho trhu a výhody implementácie týchto zariadení, ktoré súvisia i s modernizáciou strojového parku.

Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda: Ing. Rastislav Ingeli, PhD.

Literatúra

1. BŘOUŠEK, M., I. VÁVRA a I. ZAPLETAL, 1995. *Inžinierske stavby – Technológia. 1. vydanie*. Bratislava: Alfa Konti spol. s r.o., ISBN: 80-88739-14-4
2. SAKAIDA, Y., CHUGO, D., KAWABATA, K., KAETSU, H., ASAMA, H. The analysis of excavator operation by skillful operator, 23th ISARC, Tokyo, Japan, 2006, pp. 543–547.
3. Redakcia spoločnosti GEFOS, a.s. Optimalizace dodávek geodetických prací a přínos nových technologií [online]. Dostupné na internete: <<http://tvstav.cz/clanek/1578-optimalizace-dodavek-geodetickyh-praci-a-prinos-novych-technologie>>.
4. OLOUFA, A., IKEDA, M., ODA, H. GPS Based Wireless Collision Detection of Construction Equipment. In: Proceedings of 19th ISARC, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, September 23–25 2002, pp. 461–466.
5. LI, H., CHEN, Z. , YONG, L., KONG, S. Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency, Journal of Automation in Construction, Volume 14, 2005, pp. 323–331.
6. HILDRETH, J., VORSTER, M., MARTINEZ, J. Reduction of short-interval GPS data for construction operations analysis, Journal of Construction Engineering and Management, Volume 131, 2005, pp. 920-927.
7. MAKKONEN, K., NEVALA, R., HEIKKILÄ, A. 3D model based control of an excavator, Journal of Automation in Construction, Volume 15, Issue 15, 2006, pp.571–577.
8. KIM D., KIM, J., LEE, C., SONG, J., KANG, D. Excavator tele-operation system using a human arm, Journal of Automation in Construction, Volume 18, Issue 2, 2009, pp. 173–182.
9. Informácie dostupné na: www.cat.sk