VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Tatjana Makovskaja

POŽEMINIŲ 3D DUOMENŲ MODELIO KOMUNIKACIJŲ VIZUALIZACIJA
VISUALIZATION OF UNDERGROUND COMMUNICATIONS AT 3D DATA MODEL

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 62410T102

Geografinės informacinės sistemos specializacija

Matavimų inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2008

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

_____

(Parašas)

_____

(Vardas, pavardė)

_____

(Data)

Tatjana Makovskaja

POŽEMINIŲ 3D DUOMENŲ MODELIO KOMUNIKACIJŲ VIZUALIZACIJA

VISUALIZATION OF UNDERGROUND COMMUNICATIONS AT 3D DATA MODEL

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 62410T102

Geografinių informacinių sistemų specializacija

Matavimų inžinerijos studijų kryptis

Vadovas _____ _____ _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____ _____ _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas_____ _____ _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2008

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Technologijos
.....mokslo sritis
Matavimų inžinerijos
.....mokslo kryptis
Matavimų inžinerijos
.....studijų kryptis
Geodezijos ir kartografijos
.....studijų programa, valstybinis kodas 62410T102
Geografinių informacinių sistemų
.....specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas
_____
(parašas)
Česlovas Aksamitauskas
(vardas, pavardė)
2008 _____

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

.....Nr. .....
Vilnius

Studentui (ei) .....Tatjanai Makovskajai.....
(vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema .....Požeminių 3D duomenų modelio komunikacijų vizualizacija.....

.....

.....

patvirtinta 2008 m. ..... mėn. ..... d. dekano įsakymu Nr. .....

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2008 m. gegužės mėn. 31 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: .....

.....

.....
(vardas, pavardė , mokslinis laipsnis ir vardas)

Vadovas ....Česlovas Aksamitauskas, doc. dr.....
(parašas) (vardas, pavardė , mokslinis laipsnis ir vardas)

Užduotį gavau……..
(parašas)

……
(vardas, pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Geodezijos ir kadastro katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data

Geodezijos ir kartografijos studijų programos magistro baigiamasis darbas
Pavadinimas: **Požeminių 3D duomenų modelio komunikacijų vizualizacija**

Autorius: **Tatjana Makovskaja** Vadovas: doc. dr. **Vladislovas Česlovas Aksamitauskas**

Kalba
[X] lietuvių
[ ] užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama požeminių komunikacijų vizualizacija trimačiame modelyje. Šiame magistriniame darbe išnagrinėta 3D duomenų svarba ir pranašumas prieš 2D vizualizavimą. Buvo atliktas požeminių komunikacijų projektavimo tyrimas trimačio vaizdavimo programine įranga, ištirtas šių technologijų naudojimas užsienyje bei naudojimo perspektyvos Lietuvoje.

Darbą sudaro 10 dalių: įvadas, informacijos vizualizavimo aplinkos, 3D duomenų modelio esmė, 3D programinės įrangos galimybės inžinerijoje,3D vizualizavimo programinė įranga,3D modeliavimo koordinačių sistemos, trimačio geoinformacinių sistemų modelio sudarymas, požeminių komunikacijų trimačio geoinformacinių sistemų modelio sudarymo metodika, požeminių komunikacijų duomenų surinkimo reikalavimai, požeminių komunikacijų 3D skaitmeninio modelio kūrimas, požeminių komunikacijų trimačio modelio naudojimas Lietuvoje ir pasaulyje,išvados, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis- 47 p. teksto be priedų, 29 iliustracijos.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Reikšminiai žodžiai: 3D požeminių komunikacijų geoinformaciniai duomenys, vizualizavimo aplinka, geometrinis trimatis modelis, išilginis profilis.

Vilniaus Gediminas technical university
Environment engineering faculty
Geodesy and cadastre department

ISBN ISSN
Copies No. ……
Date ….-….-….

Geodesy and cartography study programme magistrate thesis.
Title: **Visualization of Underground communications at 3D Data Model.**

Author: **Tatjana Makovskaja** Executive: doc. dr. **Vladislovas Česlovas Aksamitauskas**

Thesis language

[ ] Lithuanian

[X] Foreign (English)

Annotation

In the magistrate thesis are researching visualization of Underground communications at 3D data model. In the thesis analyse 3D model data significance and advantage against 2D model data. Also researching program equipment projection of Underground communications 3D data model, technology usage in foreign countries and opportunities for use in Lithuania.

Structure: introduction, information visualization surrounding, 3D data model essence, 3D data program equipment opportunity in the engineering, 3D data model equipment, 3D data model coordinate systems, 3D data model formation, formation model of underground communication at 3D data model, data assemblage standards of underground communications, underground communication 3D data model creation, 3D data model usage in the world and Lithuania, conclusions, references.

Thesis consists of 47 p. without extras, 29 pictures.

Appendixes included.

Keywords: 3D data model of underground communications, visualization surrounding, 3D data model, longitudinal section.

Tūrinys

Įvadas....8
1. Informacijos vizualizavimo aplinkos....9
1.1. Trimatis objektas kompiuterinio projektavimo sistemose....9
1.2. Dviejų dimensijų informacijos vizualizavimo aplinka (2D)....10
1.3. Trijų dimensijų pasaulio vizualizavimas (3D)....10
2. 3D duomenų modelio esmė....11
3. 3D programinės įrangos galimybės inžinerijoje....12
4. 3D vizualizavimo programinė įranga.... 13
5. Trimatis objektas kompiuterinio projektavimo sistemose....18
5.1. Grafinių elementų hierarchija, taikant CAD....19
5.2. 3D modeliavimo koordinačių sistemos....21
6. Trimačio geoinformacinių sistemų modelio sudarymas....23
6.1. Topografinės nuotraukos ir žemėtvarka.... 23
6.2. Kelių projektavimas.... 24
6.3. Projektiniai paviršiai ir žemės darbų kiekių skaičiavimas.... 24
6.4. Žemėlapių kūrimas ir geografinė informacinė sistema (GIS).... 25
6.5. Inžinerinių tinklų projektavimas....25
7. Požeminių komunikacijų trimačio geoinformacinių sistemų modelio sudarymo metodika...26
8. Požeminių komunikacijų duomenų surinkimo reikalavimai....27
9. Požeminių komunikacijų 3D skaitmeninio modelio kūrimas....29
10. Požeminių komunikacijų trimačio modelio naudojimas Lietuvoje ir pasaulyje....42
Išvados....44
Literatūra....46
PRIEDAI....48

Paveikslų sąrašas

4.1 pav. „3D Analyst“ programos darbo fragmentas.....14
4.2 pav. Mobiliųjų tinklų modeliavimas miestuose su „Virtual GIS“.....15
4.3 pav. Trimačio vaizdo kūrimas AutoCAD Civil 3D aplinkoje.....16
4.4 pav. Trimačio vaizdo kūrimas Bentley PowerDraft aplinkoje.....17
4.5 pav. Trimačio vaizdo kūrimas Autodesk Map 3D aplinkoje.....18
5.1.1 pav. Trimačio objekto elementų hierarchija.....19
5.1.2 pav. Karkasinis modelis.....20
5.2.1 pav. Dekarto stačiakampė koordinačių sistema.....21
5.2.2 pav. Koordinačių sistemos: a) cilindrinė koordinačių sistema; b) sferinė koordinačių sistema..... 22
6.5.1 pav. Vandentiekio šulinių padėtis trimačiame modelyje.....26
9.1 pav. Topografinė nuotrauka.....30
9.2 pav. Sluoksnio savybių langas.....31
9.3 pav. Kuriamo paviršiaus „AutoCad“ objektų pasirinkimas.....32
9.4 pav. Topografinė nuotrauka su sukurtomis horizontalėmis.....32
9.5 pav. Greito profilio kūrimo langas.....33
9.6 pav. Linijos išilginis profilis..... .33
9.7 pav. Vandentiekio linijos susiejimas su esamu paviršiumi.....34
9.8 pav. Linijų išilginis pjūvis..... 34
9.9 pav. Pakoreguotų linijų išilginis pjūvis..... .35
9.10 pav. Vandentiekio tekėjimo kryptis..... 35
9.11 pav. Vamzdyno projektavimo langas..... .36
9.12 pav. Trimatis vamzdyno vaizdas..... 37
9.13 pav. Vandentiekio trasos išilginis profilis..... 37
9.14 pav. Vamzdyno atšakų vaizdas išilginiame profilyje..... 39
9.15 pav. Kertančiojo vamzdyno vaizdas išilginiame profilyje..... 39
9.16 pav. Vamzdžių kirtimosi užklausos formavimas..... 40
9.17 pav. Detali suprojektuoto vamzdyno ataskaita..... 41
9.18 pav. Suprojektuotų šulinių detali ataskaita..... 41
10.1 pav. „Taškų debesies“ vaizdas..... 43

Įvadas

Žemės gelmės pasižymi sudėtinga vidine sandara, o duomenys apie jas yra gana skurdūs – gręžinių pjūviai. Gręžinys apibrėžiamas geografinėmis koordinatėmis (X, Y), altitude ir kirstų sluoksnių pjūviu. Altitudės reikšmės formuoja vietovės Žemės paviršių, o sluoksnių gylis – žemiau slūgsančius paviršius. Santykiai tarp minėtų paviršių gali būti labai įvairūs: lygiagretūs, nedarnos (kertasi, vienas nupjauna kitą), facijinis perėjimas (nuoseklusis perėjimas iš vieno į kitą), lūžiai ir pan.

Kasdienybe tapo tai, kad geoinformacinėse sistemose taikomas 2D modelis, tačiau plėtojantis technologijoms bei sudėtingėjant miestų infrastruktūrai, keičiasi poreikiai. Todėl tokiose srityse kaip miestų ar ekologinis planavimas, kai planuojant būtina atsižvelgti į sudėtinius kriterijus – socialinius, kultūrinius, ekonominius, administracinius, aplinkos apsaugos ir gamtinių išteklių veiksnius – tapo būtina taikyti daugiakriterius ir daugiadimensius įvertinimo būdus. Geoinformacinės sistemos jau seniai taikomos įvairioms realioms pasaulio situacijoms planuoti bei prognozuoti, tačiau daugiausia pagal 2D duomenų, arba kitaip – planimetrinį duomenų modelį. 3D duomenų modelis daugiausiai taikomas CAD technologijose, skirtose pastatų, požeminių komunikacijų projektavimui, detalių brėžiniams kurti bei vizualizuoti.

Šiame darbe atliktas eksperimentas, kurio esmė – esamų duomenų panaudojimo, kuriant požeminių komunikacijų 3D skaitmeninį modelį, analizė bei 3D modelio sukūrimas remiantis esamais duomenimis.

Nėra vienodo ir vienareikšmio informacijos vizualizacijos apibrėžimo. Tai greičiausiai yra susiję su tuo, kad šis mokslas yra pakankamai jaunas ir geriau suprastai bei apibrėžtas bus tik bėgant laikui. Todėl pateiksiu keletą dažniausiai naudojamų informacijos vizualizavimo apibrėžimų:

- *Informacijos vizualizavimas* – „dirbtinės atminties suradimas, kuris geriausiai palaiko mūsų natūralų suvokimą“;
- *Informacijos vizualizavimas* – kompiuterizuotas, interaktyvus, vaizdinis abstrakčių duomenų reprezentavimas pažinimo supaprastinimui;
- *Informacijos vizualizavimas* – tai skaitinės ir tekstinės informacijos pateikimas grafikų, diagramų, struktūrinių schemų, lentelių, paveikslų pavidalu;
- *Informacijos vizualizacija* – tai duomenų, informacijos ir žinių transformavimo procesas į regimąją formą [17].

Taigi, informacijos vizualizavimas pirmiausia nagrinėja duomenis, kurie yra abstraktūs, aukštos dimensijos ir struktūrizuoti sudėtingu būdu. Tokių duomenų vizualizacija yra sudėtinga, kadangi vartotojas neturi jokios išankstinės sampratos, kaip tokie duomenys galėtų atrodyti. Vizualizacijos procesai perteikia informaciją, kurios vartotojas ieško ir aprūpina sąveikos metodais, kurie leidžia vartotojams dirbti ir tyrinėti duomenis taip efektyviai ir lengvai, kaip tik įmanoma.

Informacijos vizualizavimo paskirtis – pagerinti žmonių sugebėjimą apdoroti ir suprasti informaciją.

1. Informacijos vizualizavimo aplinkos

Per paskutiniuosius 10 metų sparčiai auga susidomėjimas geografinėmis informacinėmis sistemomis (GIS). Dėl to auga GIS programinių produktų perdavimo kiekiai.

GIS apibrėžimas dažnai minimas konferencijose, publikuojamas knygose ir straipsniuose. Bet prisiminti tikslų apibrėžimą gana sudėtinga, nes autoriai stengiasi vienu sakiniu apibrėžti tokią plačią sąvoką. Vienas tokių supaprastintų apibrėžimų: GIS – tai programa, kuri vaizduoja dvimačio ir trimačio pasaulio objektus ir leidžia, naudojantis matematine kalba, juos apdoroti. Be to, visi objektai turi būti „pririšti“ prie vienos koordinačių sistemos.

Dar prieš 10 metų visi GIS buvo dvimačiai, po to atsirado 2,5-mačiai, o dar vėliau ir „tikrieji“ trimačiai GIS. 2,5-mačiuose GIS bet kuris trimatis objektas taisyklingai modeliuojamas X ir Y ašių atžvilgiu, o pagal aukštį nustatoma tik viena Z reikšmė, kuri negali keistis objekto ribose. Pvz.: vamzdyną su skirtingais aukščiais bet kuriuose taškuose negalima pavaizduoti 2,5 GIS, bet galima 3D GIS. O tiesią vamzdžio atkarpą galima laisvai pavaizduoti naudojantis 2,5 GIS [17]..

1.1. Trimatis objektas kompiuterinio projektavimo sistemose

Kompiuterinis projektavimas yra procesas, kai taikomas trimatis modeliavimas – objekto kūrimas trimatėje erdvėje.

3D modelis turi daug privalumų prieš dvimatį:

- modelį galima apžiūrėti iš bet kurio taško;
- pagal trimatį modelį automatiškai galima gauti visus reikiamus objekto vaizdus, kurie tradicinėje grafikoje braižomi įsivaizduojant arba apžiūrint objektą;
- taikant CAD sistemas, kompiuterinis geometrinis modelis yra kitų inžinerinių veiksmų pagrindas, juo remiantis, atliekami skaičiavimai, situacijos analizė;
- galimas vizualizavimas;
- galima 3D objekto animacija.

Dalis 2D esinių (tiesė, atkarpa, „splainas“) gali būti naudojami ir kaip 3D, jei įvedamos aukščio z koordinatės. Tačiau braižant apskritimą visi jo taškai turės vienodas z koordinates [7]..

1.2. Dviejų dimensijų informacijos vizualizavimo aplinka (2D)

Dviejų dimensijų informacijos vizualizavimo aplinka susideda iš dviejų dimensijų duomenų vaizdavimo ir dviejų dimensijų duomenų tipų. Dviejų dimensijų aplinkos taikymo pavyzdžiai: geografinės informacinės sistemos (GIS), laikraščių dizainas ir fotografijos. Į GIS įeina taikomosios geografinės kartografijos priemonės. Pažangios piešimo ir meno programos leidžia vartotojams kurti piešinius didesniu tikslumu ir peržiūrėti bei keisti juos įvairiomis priemonėmis.

Geriausias būdas apibrėžti dviejų dimensijų duomenų aplinką yra apibrėžimas, į kokius klausimus turi atsakyti duomenų pateiktys. Kryptis, padėtis, dydis ir atstumas – tai savybės, kurios gali būti vaizdžiai iliustruotos naudojant dvimatę vaizdavimo aplinką.

Realiai visos duomenų realizavimo aplinkos yra vaizduojamos ant dvimačio paviršiaus, todėl kai kurie projektai ir aplikacijos klaidingai gali būti klasifikuojami kaip dvimačiai, nors iš tiesų jie gali būti laikini ar tinkliniai. Tai teikia painiavos tarp dvimatės duomenų pateikties ir dvimačių duomenų tipų.

Dviejų dimensijų duomenų tipai įtraukia visus atributus, kurie bus naudojami vizualinėje aplinkoje. Pvz., ilguma ir platuma, plotis ir aukštis ir pan. Yra atvejų, kuomet duomenų tipai gali būti ne dviejų dimensijų, bet aplinka bus dvimatė. Daugiamačiai ir trijų dimensijų duomenys kai kurias atvejais gali būti vaizduojami dvimačiu modeliu [7].

1.3. Trijų dimensijų pasaulio vizualizavimas (3D)

Trimačio pasaulio vizualizavimas – tai terminas, naudojamas realaus pasaulio objektų, tokių kaip žmogaus kūnas, pastatai, molekulės apžiūrėjimui ir informacijos išrinkimui. Ši vizualizavimo forma turėtų būti taikoma, kai norima apžiūrėti objektą trimatėje erdvėje ar tikriau tai, kas yra objekto viduje. Kadangi trimačių objektų dizaino vizualizavimo ir peržiūros įrankių kūrimas yra ganėtinai sudėtingas uždavinys, jų pareikalavimas yra didelis.

Apimties vizualizavimas kol kas yra plačiausiai naudojamas trijų dimensijų pasaulio vizualizavimas. Tai siejasi su realaus pasaulio trijų dimensijų objektų perkėlimu į tam tikrą kompiuterizuotą trijų dimensijų pateiktį taip, tarsi jie būtų suprojektuoti dvimačio kompiuterio ekrane ar peržiūrimi naudojant virtualios tikrovės įrangą. Apimties vizualizavimas šiuo metu yra daugiausiai naudojamas moksliniam vizualizavimui, kur fiziniai objektai, sumodeliuoti trimatėje erdvėje, vartotojo

gali būti studijuojami ir testuojami su didesniu detalumu ar manipuliuojami, siekiant patikrinti mokslines hipotezes, simuliuojant įvykius, praktikuojant procesus.

Privalumas suteikiamas parametrų ir charakteristikų, reikalingų 3D realistiškam vizualizavimui organizuoti ir bendrauti su modeliu per internetą. Įvairūs technologijų privalumai (modelio apžiūrėjimas iš įvairių kampų, realaus laiko navigacija, interaktyvaus objektų valdymo galimybė), kurie sukuria galimybę manipuliuoti ir tirti duomenis, yra paskirti 3D GIS [17].

2. 3D duomenų modelio esmė

Trimatis duomenų modelis skirtas aplinkos ir civilinės inžinerijos uždaviniams spręsti. Juo yra ruošiami miestų ir gyvenviečių teritorijų bendrieji planai, žemės sklypų detalieji ir geodeziniai planai, topografinės nuotraukos, gatvių, kelių, automobilių stovėjimo aikštelių, vandentiekio, nuotekų, elektros, ryšių ir kitų inžinerinių tinklų projektai.

3D duomenų programinė įranga automatizuoja aplinkos projektavimą nuo lauko matavimo duomenų iki baigto projekto. Projektuotojai, inžinieriai ir topografai dirba vienoje programinėje aplinkoje. Ją naudoja civilinės ir aplinkos inžinerijos specialistai, topografai profesionalai, geotechnikai, lietaus ir buitinių nuotekų bei vandentiekio tinklų projektuotojai, kelininkai ir kt. Šiuo modeliu įmanoma demonstruoti tyrinėjimų, koordinatinės geometrijos, skaitmeninio teritorijos modelio kūrimo, kasybos, vandentiekio bei lietaus ir buitinių nuotakynų tinklų, gatvių ir kelių projektavimą. Intelektualieji ryšiai tarp atskirų civilinės ir aplinkos inžinerijos sričių sumažina klaidų tikimybę, didina darbo našumą ir užtikrina projekto kokybę. Tokio tipo programinė įranga siūlo priemones duomenų importui ir integracijai į projektą, taip pat visapusišką projektinės informacijos išvedimą.

Vizuali aplinka leidžia nuosekliai tvarkyti projektinius nustatymus. Intelektualieji ryšiai sieja visus projekto objektus – tvenkinius, griovius, kanalus, gatves ar akligatvius. Keičiant projektinio objekto duomenis, su juo susiję objektai yra automatiškai perskaičiuojami ir taip pat pakeičiami.

Naudotojai gali kontroliuoti objektų sąsajos lygį. Integruota dvimatė ir trimatė aplinka padeda efektyviau atlikti užduotis, esant interaktyviam darbui su profiliais, skersiniais pjūviais ir trimačiu modeliu. Programinė įranga suteikia galimybę iš karto išspręsti sudėtingus klausimus, pagreitindama projekto kūrimo procesą.

Trimačių modelių programinė įranga paprastai palaiko:

- industrijoje populiarų lauko matavimo prietaisų duomenų formatus;
- be papildomo konvertavimo ar importo DGN ar DWG duomenis;
- importuoja ir eksportuoja XML duomenis paviršiams ir koordinatinei geometrijai pateikia brėžinius PDF formatu.

Trimačių modelių programinė įranga dažniausiai skirta ne tik individualiam jos naudojimui, bet taip pat ir komandiniam darbui. Čia galima nurodyti, kaip bus kuriami intelektualieji objektai – statinio pagrindas, tvenkiniai, kanalai, gatvės, keliai ir kt. Šie objektai leidžia integruoti išorines kliento pataisas į projekto visumą. Projektuotojų komanda gali būti skirtingų sričių specialistai, kiekvienas komandos narys, atlikdamas jam patikėtą užduotį, gali matyti ir kitų komandos narių darbą [13].

3. 3D programinės įrangos galimybės inžinerijoje

3D vaizdavimo programinė įranga leidžia atlikti sudėtingą ir detalią duomenų erdvinę analizę. Erdvinės analizės privalumus darbo srityje galima efektyviai panaudoti produktyvumui gerinti.

Panaudojimo sritys:

Duomenų struktūrų, ryšių ir tendencijų atskleidimas, o to neįmanoma pamatyti kitomis priemonėmis:

- Atlikti sudėtingą ir plačią duomenų analizę,
- Suvokti ir atvaizduoti objektų geografinį pasiskirstymą,
- Valdyti geografiškai išsklaidytas vertybes.

Šiandien 3D vaizdas yra galingas GIS įrankis, savo funkcionalumu apimantis tiek erdvinių duomenų ir žemėlapių kūrimą, tiek informacijos analizę, atvaizdavimą bei pateikimą vartotojams.

Trasos

Grafiniai ir dinamiški trasų projektavimo įrankiai sukuria interaktyvaus darbo aplinką. Sukuria trasą, kurios redagavimas ir scenarijai “kas jeigu” yra viso projektavimo proceso dalis. Gali būti keičiamas trasos atvaizdavimas, projektiniai duomenys - greitis, viražai, piketų numerių aprašymai ir atvaizdavimas.

Profiliai

Trasos ir profiliai yra tarpusavyje susieti objektai. Kai yra redaguojama horizontali trasa, galima automatiškai atnaujinti ir profilį – išilgai trasos yra atvaizduojama nauja paviršiaus linija. Profilyje galima matyti vieną ar keletą paviršių. Vertikali kelio geometrija yra sukuriama paprastai - grafiniu būdu (brėžiant), taip pat duomenis surašant arba redaguojant lentelėje. Galimybė grafiškai redaguoti kelio vertikalią geometriją – parabolinių, asimetrinių ir apskritiminių kreivių įterpimas.

Profiliavimas

Profiliavimo įrankiai sąveikauja su paviršiais bei kitomis profiliavimo schemomis. Profiliavimo procesas vyksta sąveikoje su vietove ir jos išplanavimu. Rezultatas lengvai paverčiamas į projektinį paviršių, kurį galima analizuoti ir vizualizuoti.

Kelių konstrukcijų katalogas ir skersinis kelio tipas

Programoje yra kelių detalių konstrukcijų katalogas. Iš katalogo į brėžinį yra importuojami kelių tipai. Kataloge yra dangos, atitvarai, kelkraščiai, šaligatviai ir kt. Yra galimybė sukurti ir papildomas detales. Kiekvienas iš šių objektų turi lengvai keičiamas savybes – gali būti keičiamas griovio gylis, dangos storis ir plotis ir kt. Tokiu būdu yra sukuriamas reikalingas skersinis kelio tipas[12].

4. 3D vizualizavimo programinė įranga

Trimatė GIS leidžia kurti įvairaus sudėtingumo objektus trimatėje erdvėje: architektūriniai pastatai, keliai, automobiliai ir t. t. GIS bet kuris objektas turi geografines koordinates. Jį galima pažymėti pele, palyginti su kitais objektais, susieti su objektu bet kokio sudėtingumo duomenų bazę, ir tokių objektų gali būti be galo daug.

Trimačių GIS rinkoje yra pakankamai nedaug. Pirmą ir sėkmingą bandymą sukurti tokią sistemą įvykdė firma „ERDAS“, paketas vadinosi „Virtual GIS“. Be to pati firma nebuvo GIS kūrėja ir tik norėjo praplatinti savo sistemos galimybes apdoroti rastrinius vaizdus (pvz. fotografijos iš lėktuvų palydovų). Vėliau beveik vienu metu amerikiečių kompanijos ESRI ir „MapInfo“ išleido programinius paketus atitinkamai „3D Analyst“ ir „Vertical Mapper“, kurie papildė jau egzistuojančius šių firmų produktus „ArcView“ ir „MapInfo“.

Viena galingiausių trimačių sistemų yra „GIS ArcInfo“, kuri nesuskirsto pasaulio į dvimatį ir trimatį ir vienodai gerai apdoroja objektus.

„ArcInfo“ leidžia modeliuoti bet kokio sudėtingumo reljefą ir objektus. Kompanija „ESRI“ sukūrė nebrangią supaprastintą versiją dvimačiams objektams apdoroti ir pridėjo trimatį modulį „3D Analyst“.

4.1 pav. „3D Analyst“ programos darbo fragmentas

„3D Analyst“ modulis leidžia kurti trimačius objektus, tokius kaip pastatai. Tokį modelį galima sukti apie savo ašį, didinti ir mažinti vaizdą (pav. 4.1), galima laisvai pasirinkti žiūrėjimo tašką. „3D Analyst“ leidžia nustatyti paviršiaus aukštį bet kuriame taške. Bet, deja, su šia funkcija galima dirbti tik žemės paviršiuje, bet ne objektuose, kurie yra pavaizduoti virš žemės, tai yra, negalima nustatyti aukštį taško kuris yra ant pastato sienos. Naudoti modelį kitose srityse galima, bet nenaudinga.

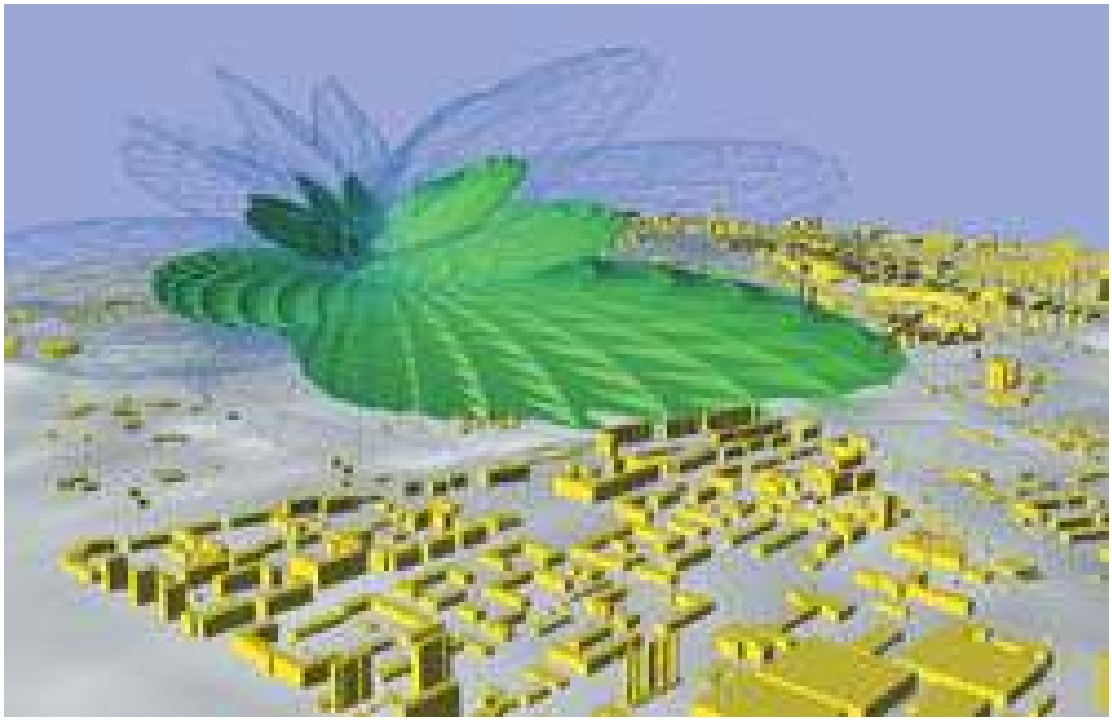
„3D Analyst“ žemės paviršiui apibrėžti naudoja du modelius – reguliarų ir nereguliarų. Reguliarus modelis (GRID) apibrėžia geografiškai pririštą rastrinį vaizdą. Nereguliarus modelis (TIN) sukuria paviršių, sudaryta iš trikampių, esančiu vienas šalia kito (trianguliacija). Likusieji trimačiai objektai, kurie yra virš reljefo, turi būti apibrėžti vektorine forma taip, kad kiekviena viršūnė turėtų savo X, Y, Z koordinates.

Pagal sumodeliuotus paviršius „3D Analyst“ gali rodyti taškų aukščius, profilius, izo-linijas, didžiausių nuolydžių linijas, išskaičiuoti tūrius tarp nurodytų paviršių ir t.t.

Dar vienas trimatis modelis „Vertical Mapper“ išleistas kompanijos „Northwood Technologies“. Ši kompanija plačiai žinoma mobiliojo ryšio tinklų rinkoje. „Vertical Mapper“ trimatis modelis atvaizduoja tik reljefą, bet negali atvaizduoti iškilusius objektus. Pavyzdžiui, negalima trimatį objektą “medį”, nubraižytą „AutoCAD“ sistemoje “pastatyti” ant žemės paviršiaus. Maža kaina ir patogus įrankių rinkinys yra „Vertical Mapper“ populiarumo priežastis.

Trečias ir pats galingiausias 3D paketas yra „Virtual GIS“. Nuo „Vertical Mapper“ ir „3D Analyst“ šis pakėtas skiriasi daug didesniu greičiu. Net pakankamai sudėtingas objektas “lėktuvas” sukurtas paketo 3Dstudio gali būti lengvai “pastatytas” į bet kurį tašką virš sumodeliuoto reljefo. „Vertical Mapper“ ir „3D Analyst“ negali apdoroti pastatų tekstūras, o Virtual GIS turi tokią galimybę. „Virtual GIS“ vizualizavimo galimybės:

- Pilnai interaktyvus trimačio vizualizavimo valdymas,
- Neribotas vektorinių ir rastrinių sluoksnių kiekis,
- Trimatis kursorius
- Trimačio objekto spalvų ir sutartinių ženklų valdymas,
- Galimybė dirbti su begaline geografine erdve
- Galimybė interaktyviai nurodyti “skraidymo” virš vietovės maršrutą,
- Galimybė išsaugoti ir peržiūrėti animaciją.



4.2 pav. Mobiliųjų tinklų modeliavimas miestuose su „Virtual GIS“

Trimačiai GIS vis plačiau naudojami pramonėje, versle, valdyme, pavyzdžiui valdant miesto ūkį, įrengiant komunikacijų sistemas, išgaunant ir transportuojant naftą, dujas ir t.t.

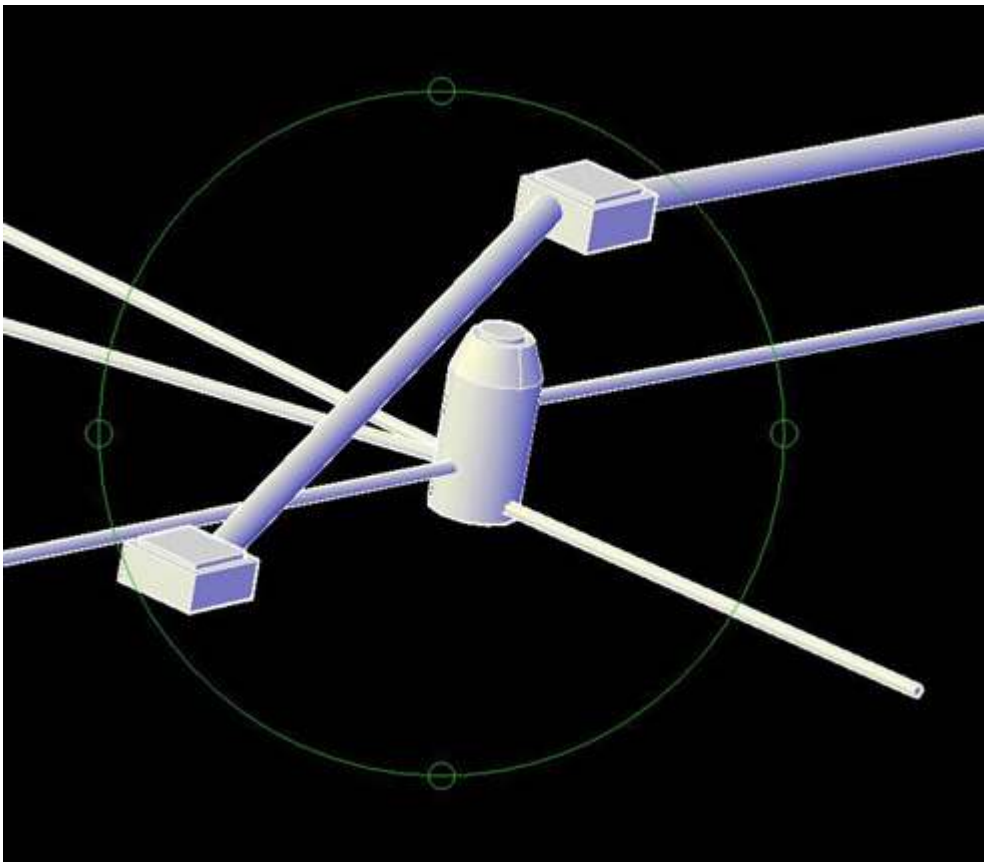
Dar visai neseniai 3D vizualizacija neturėjo tiek daug galimybių plėstis inžinerinėse srityse ir spręsti dvimatės vizualizacijos problemų. Šiuo metu toks duomenų valdymo būdas tapo itin populiarus ne tik užsienyje, bet ir Lietuvoje. Stambiausi programinės įrangos kūrėjai sukūrė programų versijas, galinčias operuoti erdviniais duomenimis, juos vizualizuoti ir kurti dar didesnes duomenų bazes su visapusiškais duomenimis.

Lietuvoje naudojamos kelios programinės įrangos inžineriniams uždaviniams spręsti:

AutoCAD Civil 3D - tai programinė įranga, skirta aplinkos ir civilinės inžinerijos uždaviniams spręsti. Civil 3D programos pagalba yra ruošiami miestų ir gyvenviečių teritorijų bendrieji planai, žemės sklypų detalūs ir geodeziniai planai, topografinės nuotraukos, gatvių, kelių, automobilių stovėjimo

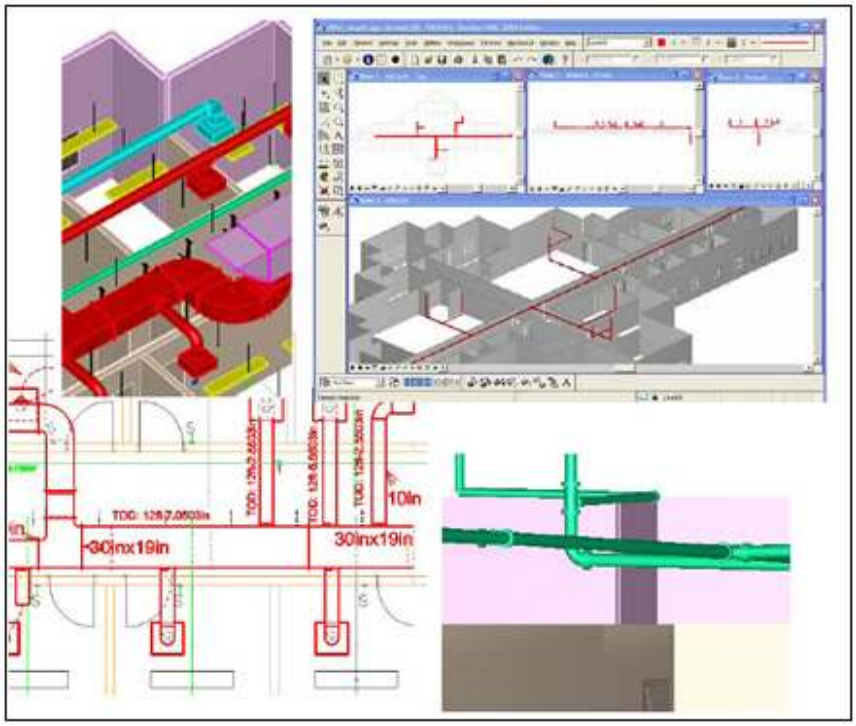
aikštelių, vandentiekio, nuotekų, elektros, ryšių ir kitų inžinerinių tinklų projektai, ruošiama nauja ir naudojama jau esama geografinių informacinių sistemų (GIS) duomenų bazė.

Civil 3D programoje taip pat yra ir visos AutoCAD bei AutoCAD Map 3D funkcijos ir galimybės [19].



4.3 pav. Trimačio vaizdo kūrimas AutoCAD Civil 3D aplinkoje

Bentley PowerDraft – programinė įranga, skirta kompiuterinei inžinerinei grafikai ir modeliavimui. Tai populiari automatizuoto projektavimo sistema. Projektavimo procesas vyksta interaktyvioje ir vaizdžioje aplinkoje. Bentley programinės įrangos civilinės inžinerijos sprendimai apima visą projektavimo procesą – planavimą, projektavimą, inžineriją, statybą, valdymą ir administravimą [14].



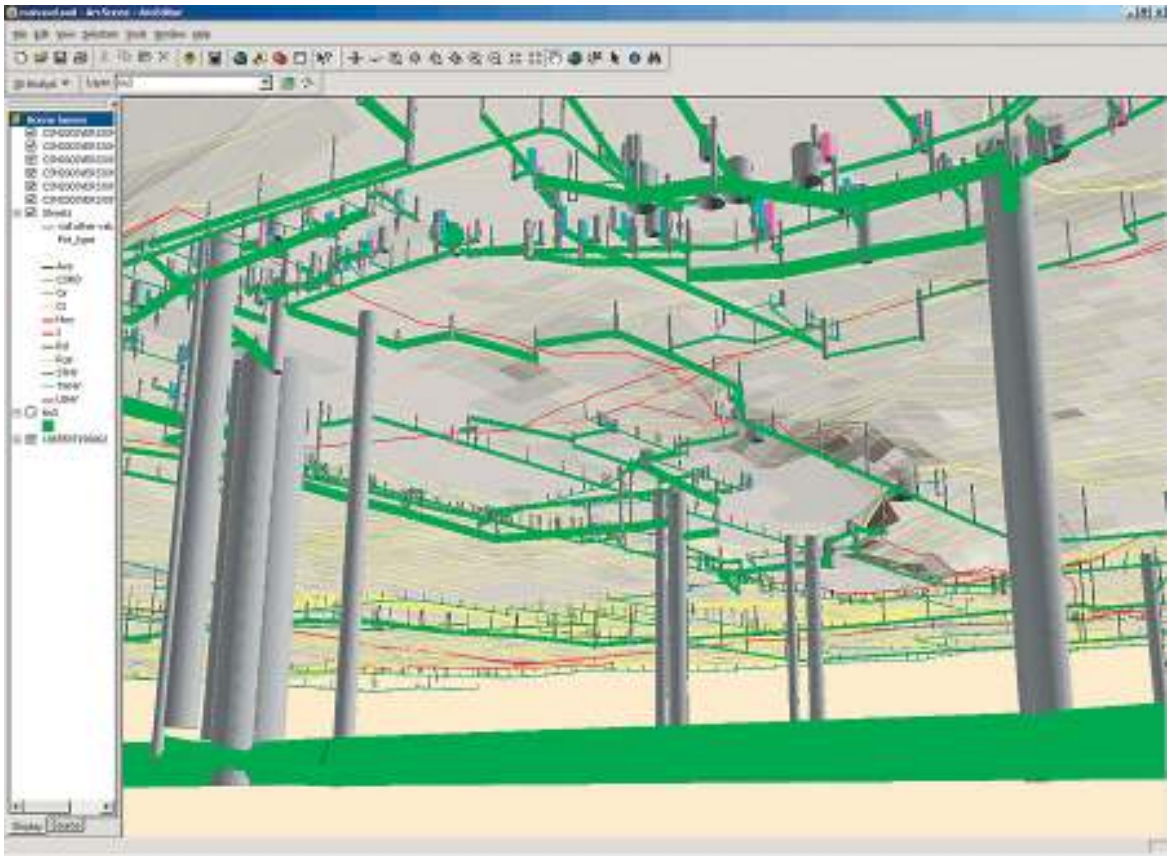
4.4 pav. Trimačio vaizdo kūrimas Bentley PowerDraft aplinkoje

ArcGIS 3D Analyst – tai ESRY kompanijos produktas. Ši programa suteikia galimybes efektyviau vizualizuoti ir analizuoti paviršių duomenis. Naudodamas 3D Analyst, vartotojas gali apžvelgti paviršių iš įvairių apžvalgos taškų, daryti paviršiaus užklausas, nustatyti, kas turi būti matoma iš nustatytų paviršiaus taškų, ir sukurti realistiškus erdvinius vaizdus iš rastrinių ir vektorinių duomenų.

ArcGIS 3D Analyst modulio pagrindas yra ArcScene aplikacija. ArcScene aplikacijoje yra trijų dimensijų vizualizacijos sąsaja, kurios pagalba vartotojas gali atlikti turimų duomenų 3D atvaizdavimą, o taip pat atlikti paviršių kūrimo ir analizės funkcijas.

ArcGIS 3D Analyst aplikacijoje yra rinkinys priemonių, leidžiančių kurti interaktyvų perspektyvinį erdvinį vaizdą ir papildomus įrankius trijų matavimų modeliavimui bei analizės aplikacijoms.

Ši programa yra integruota į ArcGIS Desktop. Tai leidžia kurti dinaminius ir interaktyvius žemėlapius, kurie geografinės vizualizacijos ir analizės rezultatus pateikia tobuliau [15].



4.5 pav. Trimačio vaizdo kūrimas Autodesk Map 3D aplinkoje

5. Trimatis objektas kompiuterinio projektavimo sistemose

Mus supantys erdviniai kūnai ir paviršiai kompiuterinio projektavimo sistemose formuojami pagal tam tikras taisykles. Inžinerinėje grafikoje braižoma sudarant pagrindinius objekto vaizdus. Kompiuterinis projektavimas yra procesas, kai taikomas trimatis modeliavimas – objekto kūrimas trimatėje erdvėje.

3D modelis turi daug privalumų prieš dvimatį:

• modelį galima apžiūrėti iš bet kurio taško;

• pagal trimatį modelį automatiškai galima gauti visus reikiamus objekto vaizdus, kurie tradicinėje grafikoje braižomi įsivaizduojant arba apžiūrint objektą;

• taikant CAD sistemas, kompiuterinis geometrinis modelis yra kitų inžinerinių veiksmų pagrindas, juo remiantis, atliekami skaičiavimai, situacijos analizė;

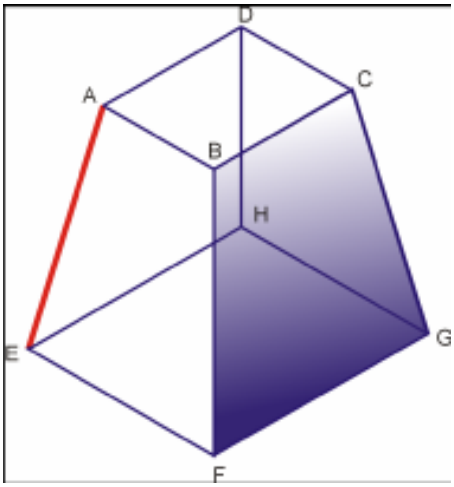
• galimas vizualizavimas;

• galima 3D objekto animacija.

Taikant daugumą CAD sistemų naudojami trijų tipų modeliai – karkasinis, plokštuminis ir vientisasis (kietakūnis, monolitinis). Kad suvoktume šiuos objektus, reikia ne tik suprasti jų elementų hierarchiją, bet ir koordinačių sistemas, kaip jas naudoti konkrečiuose uždaviniuose [7].

5.1. Grafinių elementų hierarchija, taikant *CAD*

Geometrinį trimatį modelį sudaro tam tikri grafiniai elementai – viršūnių taškai (A, B, C ir t.t.), kuriuos jungia sudaromosios linijos arba briaunos (AE), paviršių plokštumos (BCGF) bei užpildo tūriai (5.1.1 pav.). Įvertinant šiuos modelio elementus pagal įvairias kompiuterinio projektavimo sistemas trimačiai geometriniai modeliai klasifikuojami į: karkasinius, kai objektas aprašomas briaunomis; plokštuminius, kai objekto paviršius dengiamas plokštumomis; vientisus, kurie sudaryti iš tūrinių elementų.



5.1.1 pav. Trimačio objekto elementų hierarchija

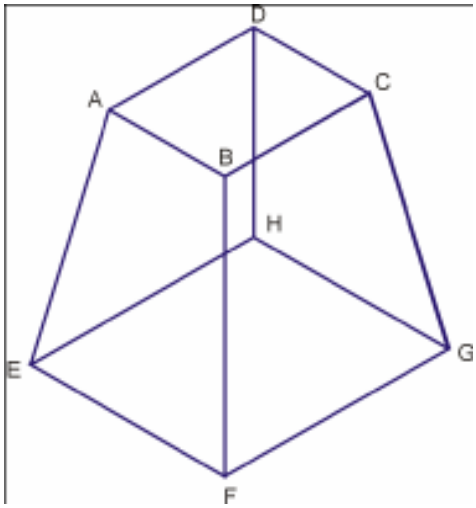
Modeliuojant objektą kompiuterinėse sistemose taikomi įvairūs metodai tam tikram modelio tipui sukurti. Erdvinis objektas sudaromas remiantis 3D duomenų bazėmis, kurios yra kelių DB derinys.

Viena iš jų yra geometrinė DB, sauganti parametrus, trimates koordinates (x, y, z), kuriomis aprašomas objekto dydis, padėtis erdvėje. Kita DB – topologinė, kurioje saugoma informacija apie ryšius tarp objekto grafinių elementų: viršūnių, tiesių ar lenktų briaunų ir paviršių plokštumų. Kelių topologiškai ekvivalenčių elementų TDB gali būti vienodos (viršūnių, briaunų skaičius), o geometrinės – visiškai skirtingos. Šių DB žinojimas padeda patikrinti, ar teisingai sumodeliuotas objektas, tačiau reikia gerai žinoti objektą aprašančius parametrus.

Karkasinis modelis.

Karkasinio modelio geometrinė DB saugo 3D koordinačių sąrašą, topologinė – informuoja apie viršūnes, tieses ir lenktas briaunas. Karkasiniam modeliui reikia mažiau kompiuterinių sąnaudų, tačiau

jis ne visuomet vienareikšmiškai atspindi objektą. Žiūrint į 5.1.2 pav. pateiktą karkasinį modelį, sunku pasakyti, kuris taškas arčiau mūsų – B ar H.



5.1.2 pav. Karkasinis modelis

Plokštuminis modelis.

Plokštuminio modelio duomenų bazės panašios į karkasinio, tik papildomai aprašomi paviršiai. Elementarūs paviršiai – cilindras, sfera, plokštuma – formalizuojami elementaria parametrine forma. Sudėtingesni paviršiai sudaryti iš mažesnių ploštumų. Šio tipo modelis išsprendžia objekto nevienareikšmiškumo problemą, kadangi plokštumos dengia nematomas linijas.

Vientisasis, arba kietakūnis modelis.

Šio modelio struktūra panaši į plokštuminio, bet jo sudarymo principai ir duomenų bazė skiriasi. DB papildomai saugoma informacija apie objekto vidinį tūrį. Tai leidžia įvertinti tokius fizinius parametrus kaip modelio masę, paviršiaus plotą, tūrį ar inercijos momentus, svorio centrą ir pan.

Trimatis modeliavimas „AutoCAD“ sistemoje atliekamas keliais būdais. Karkasinį modelį galima suformuoti naudojant pagrindinius dvimačius esinius: liniją, polilinią , apskritimą, fiksuojant jų parametrus 3D koordinatėmis.

Plokštuminį modelį galima suformuoti kad ir tokiais būdais:

- naudojant bazinius 3D esinius;
- naudojant sukamuosius ar tiesinius paviršius;
- keičiant objekto padėtį ir aukštį erdvėje.

Kietakūnis modeliavimas taip pat atliekamas naudojant bazinius elementus ir logines operacijas, sudarant unikalius paviršius sukimo, išstūmimo ir kitais būdais[7].

5.2. 3D modeliavimo koordinačių sistemos

Modeliuojant 3D objektus, būtina taikyti erdvines koordinačių sistemos transformacijas, kurios šiuolaikinėse *CAD* sistemose vykdomos tiek interaktyviai, tiek naudojant skaitmenines reikšmes.

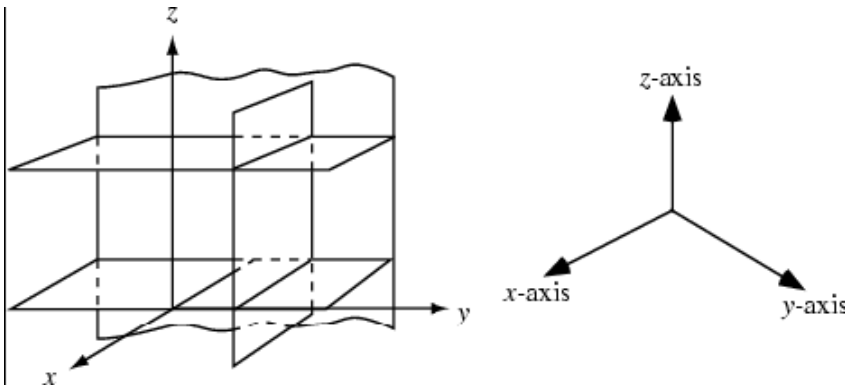
Pagrindiniai elementariosios geometrijos uždaviniai yra sprendžiami Euklido erdvėje, taikant kompiuterines projektavimo sistemas. Geometrinių figūrų parametrams aprašyti ir fiksuoti erdvėje patogiausia yra Dekarto koordinačių sistema. Todėl pagrindinės koordinačių sistemos taikant kompiuterinio projektavimo sistemas yra šios:

- Dekarto, arba stačiakampė (5.2.1 pav.);
- cilindrinė (5.2.2 pav. a);
- sferinė (5.2.2 pav. b);

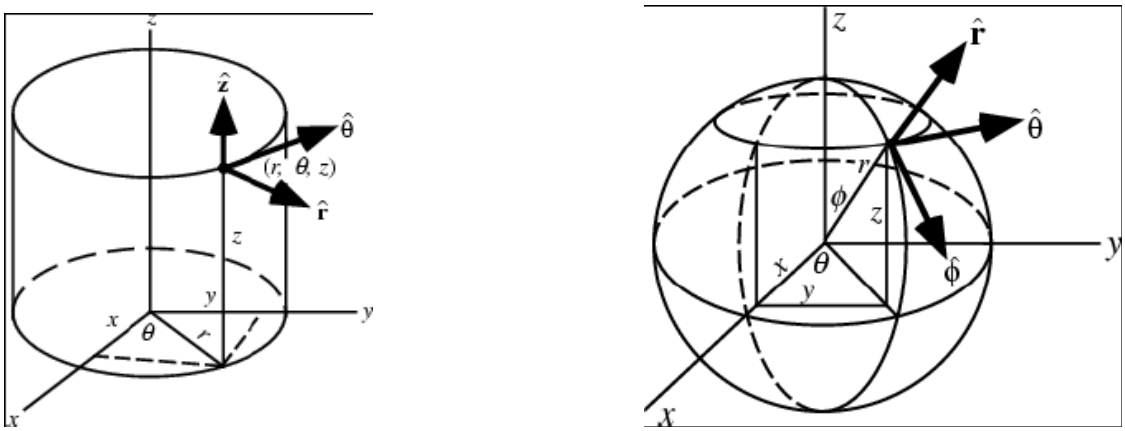
Dekarto, arba stačiakampė, dvimatė arba trimatė koordinačių sistema sudaryta iš statmenų viena kitos atžvilgiu projekcinių plokštumų. Šioje sistemoje taškas aprašomas trimis realiaisiais skaičiais, koordinatėmis (x, y ,z).

Taškas, kuriame kertasi x, y ir z ašys ir kurio koordinatės yra (0,0,0) vadinamas koordinačių sistemos pradžia.

Cilindrinėje koordinačių sistemoje koordinatės yra dvimatės polinės su papildoma aukščio reikšme.



5.2.1 pav. Dekarto stačiakampė koordinačių sistema



b) c)

5.2.2 pav. Koordinačių sistemos: a) cilindrinė koordinačių sistema; b) sferinė koordinačių sistema

Taikant sferinę koordinačių sistemą taškas aprašomas naudojant polinę ašį, plokštumą, vadinamą ekvatoriaus plokštuma, ir spindulį(5.2.2 pav. b). Skaitmeninės taško išraiškos pavyzdys – 10 °, 60 °, 30 °.

Taikant kompiuterinio projektavimo sistemas koordinačių sistema, kurioje pradedamas geometrinis modeliavimas, yra anksčiau aprašytoji stačiakampė koordinačių sistema. Ji vadinama pasauline koordinačių sistema (World coordinate system). Modeliuojant ji gali būti transformuojama į cilindrinę ar sferinę, tai priklauso nuo to, kaip įvedamos taškų koordinatės.

Geometrinių objektų padėtis erdvėje gali būti transformuojama (perkeliama, kopijuojama). Transformacijų rezultatai priklausys nuo to, kokia koordinačių sistema taikoma, tuomet atitinkamai išsidėstys ir koordinačių plokštumos.

Kompiuterinio projektavimo sistemose trimačiame modeliavime taip pat taikomi tikslūs koordinačių įvedimo būdai:

- **Interaktyviai įvedamos koordinatės**.

Taikant šį metodą, įvesties įrenginiu fiksuojama žymeklio padėtis toje ekrano vietoje, kur turi būti taškas. Šis koordinačių įvedimas yra apytikslis, jei nefiksuojamas žymeklio judėjimas tam tikru žingsniu, tačiau patogus eskizavimo stadijoje.

- **Absoliučiosios koordinatės.**

Klavietūra įvedamos Dekarto koordinačių sistemos stačiakampės koordinatės (x, y, z).

- **Reliatyviosios stačiakampės koordinatės.**

Įvedami Dekarto sistemos atstumai (x, y ir z krypčių atstumų pokyčiai) nuo turimo taško į reikiamą tašką, naudojant nustatytą pokyčio simbolį.

- **Reliatyviosios polinės koordinatės.**

Įvedamas atkarpos nuo turimo iki reikiamo taško ilgis ir kampo reikšmė.

Taikant „AutoCAD“ sistemą, kaip ir kitas, naudojamos pasaulinė koordinačių sistema WCS (World Coordinate System) ir UCS (User Coordinate System) – vartotojo koordinačių sistema. Ši sistema fiksuota programiškai, jos žymėje matomos x it y ašys. Rodyklės rodo teigiamasias x ir y kryptis. Teigiama *z* kryptis yra statmena ekrano plokštumai ir šiuo atveju nukreipta į vartotoją. Teigiamą z ašies kryptį galima nustatyti naudojant dešiniosios rankos taisyklę – ištiesti dešiniosios rankos nykštys ir smilius rodo x ir y ašių kryptis, o statmenai delnui pasukti pirštai – z ašies teigiamą kryptį[11].

6. Trimačio geoinformacinių sistemų modelio sudarymas

Nagrinėjant trimačių geoinformacinių sistemų sudarymą bei atliekant kartografinių objektų transformavimo į trimatę erdvę, erdvę galima suskaidyti į antžeminę ir požeminę. Antžeminėje erdvėje iš esmės modeliuojami topografiniai objektai, požeminėje erdvėje – inžinerinės požeminės komunikacijos. Toks erdvių suskaidymas siūlomas dėl šių priežasčių:

1) antžeminiams ir požeminiams kartografuojamiems objektams gali būti taikomos skirtingos trijų dimensijų geoinformacinių modelių kūrimo metodikos;

2) skirtinga antžeminių ir požeminių kartografuojamų objektų paskirtis bei skirtingas vizualizavimo poreikis [3].

6.1. Topografinės nuotraukos ir žemėtvarka

Elektroniniais matavimo prietaisais atlikti matavimai vietovėje importuojami į brėžinį. Brėžinyje atsiranda taškai. Pagal vietovėje matavimo metu įvestą kodą įterpiami sutartiniai ženklai: situacija atvaizduojama naudojant standartines priemones (linijas, blokus, anotacijas, spalvinimo funkcijas). Paviršius modeliuojamas, naudojant skaitmeninius paviršiaus modeliavimo metodus DEM (digital elevation models), DTED ir ESRI GRID formatus, altitudžių, nuolydžių ir krypties analizavimą, sujungiant šiuos duomenis su ortofoto grafiniais, rastriniais ir vektoriniais duomenimis, taip sukuriant 3D vaizdą. Paviršių galima keisti, atsižvelgiant į vietovėje esančius sudėtingus elementus (griovius, gūbrius, skardžius ir kt.). Yra priemonės automatiniam teksto (linijų ilgių, direkcinių kampų, koordinačių ir kt.) surašymui, sklypų pagal žinomus plotus projektavimui [3].

6.2. Kelių projektavimas

3D programomis yra atliekamas visas projektavimo procesas, pradedant elektroninių matavimo prietaisų duomenų kaupikliuose esančių duomenų įkėlimu ir baigiant baigtais planų bei profilių brėžinių lakštais ir žemės darbų tūrių skaičiavimais.

Keliai projektuojami, kuriant horizontalią ir vertikalią kelio geometriją, specialiai tam skirtais objektais. Šie objektai yra labai paprastai sukuriami kartu su jiems būdingomis savybėmis. Pvz., trasa iš karto bus sukurta su piketavimo surašymu ir horizontalių kreivių informacija, profilyje iš karto bus pateikta informacija apie vertikalines tieses ir kreives. Profilio vaizdas – tai papildomų projektinių ir esamų duomenų apie trasą pateikimo erdvė. Profilio vaizde iš karto gaunami esami ir projektiniai aukščiai, darbiniai aukščiai, supaprastinta vertikali ir horizontali geometrija, kiti reikalingi duomenys. Inžinerinėse 3D programose yra didelis kelio konstrukcijų detalių pasirinkimas. Kelio konstrukcija yra sukuriama kelio konstrukcijų elementų kataloge pasirenkant pageidaujamą kelio detalę ir ją įterpiant į brėžinį. Keičiant konstrukcijos detalių savybes galime nurodyti sluoksnių storius, jų medžiagą, nuolydžius, kaip jos turi keistis viražų bei kelio išplatėjimų ir susiaurėjimų atveju. ši problema yra išspręsta taip: keičiant vieno objekto padėtį ar duomenis, taip pat keičiasi ir visi kiti su tuo objektu susiję elementai, tokiu būdu keičiant, pvz., vertikalią ar horizontalią geometriją, iš karto yra matomi pakeitimai ir baigtuose brėžiniuose.

6.3. Projektiniai paviršiai ir žemės darbų kiekių skaičiavimas

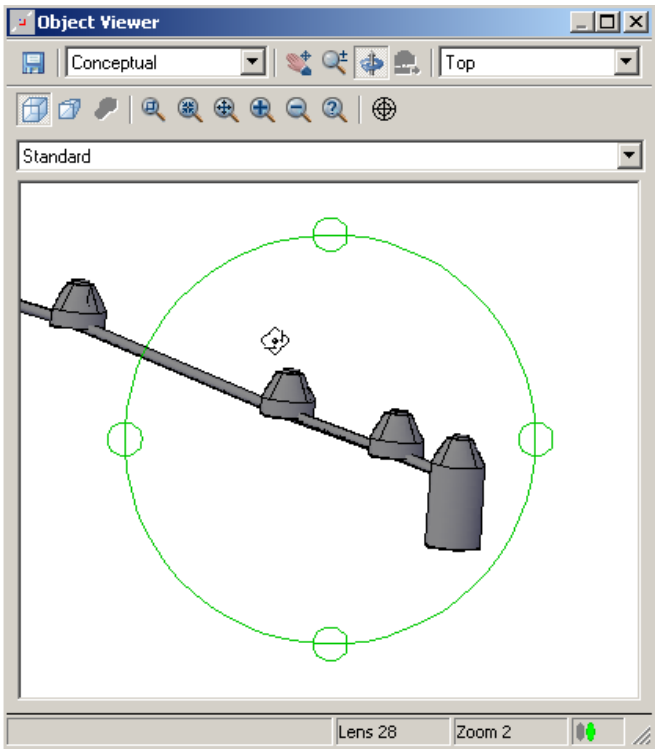
Inžinerinėse 3D programose yra pilnas projektinių paviršių kūrimo priemonių komplektas, skirtas spręsti visiems inžineriniams uždaviniams, susijusiems su vietovės planiravimo, aikštelių paruošimo, inžinerinių tinklų klojimo bei kelių tiesimo darbais. Pagal projektinius duomenis plane yra sukuriamos plokštumos, iš kurių yra gaunamas projektinis paviršius. Plokštumoms yra užduodami įvairūs dydžiai – jų kryptis, ilgis, nuolydis ir kt. Taip pat šiems objektams gali būti pritaikytas ir jų atvaizdavimo stilius – šlaitai gali būti atvaizduojami sutartiniu šlaito ženklu, parenkama susikirtimų linijų spalva, tipas ir storis. Šie nustatymai yra išsaugojami brėžinio duomenų bazėje, todėl juos galima panaudoti ir atliekant kitus projektus. Iš esamo ir projektinio paviršiaus yra sukuriamas žemės darbų tūrių (tūrinis) paviršius, kuriam galima paskaičiuoti žemės darbų balansą. Pasirinktas stilius gali būti atvaizduojamas žemės darbų izolinijomis, taškais su aukščiais, skirtingomis aukščių spalvomis – taip sukuriamas vaizdus žemės darbų brėžinys [18].

6.4. Žemėlapių kūrimas ir geografinė informacinė sistema (GIS)

Dažniausiai 3D programose yra integruotas 3D programinis modulis, skirtas GIS duomenų kūrimui, kaupimui, administravimui, naudojimui ir analizei. Daugybė 3D programinės įrangos funkcijų sukuria galimybes inžinieriams, vadybininkams, matininkams ir kitų sričių specialistams efektyviai kurti, valdyti ir naudoti žemėlapius, analizuoti ir papildyti GIS duomenų bazėje esančius duomenis, neprarandant informacijos[17].

6.5. Inžinerinių tinklų projektavimas

3D programos suteikia galimybę lengvai projektuoti inžinerinius tinklus ir komunikacijas. Plane galima nurodyti trasą, kuria bus tiesiamos komunikacijos. Trasų kiekis projekte yra neribotas. Programoje yra inžinerinių tinklų katalogas, kuriame yra didelis pasirinkimas: vandens kanalizacijos šulinių, vandens gręžinių, įvairaus diametro vamzdžių ir pan. Šį katalogą įmanoma papildyti savo sukurtais elementais bei konstrukcijomis. Projektuojant, iš šio katalogo pasirenkama konkrečios komunikacijos konstrukcija ir jos elementai. Pagal nurodytą trasą programa automatiškai priskiria šulinių, įeinančių ir išeinančių vamzdžių bei kitų elementų altitudes. Inžineriniai tinklai ir jų projektiniai duomenys automatiškai įkeliami į išilginio profilio vaizdo lentelę, kurioje juos galima redaguoti tiek grafiniu būdu, tiek lentelių pagalba. Redaguojant trasos kryptį ar inžinerinių tinklų detales bei duomenis plane, automatiškai keičiasi duomenys išilginiame trasos profilyje (ir atvirkščiai). Programose yra sistema vamzdyno susikirtimo taškams aptikti bei palengvinta pjūvio peržiūra polilinijų pagalba[12].



6.5.1 pav. Vandentiekio šulinių padėtis trimačiame modelyje

7. Požeminių komunikacijų trimačio geoinformacinių sistemų modelio sudarymo metodika

Šioje dalyje pateikiami ir sprendžiami šie uždaviniai:

1) geoinformacinių duomenų kaupimo procedūros užtikrina geoinformacinių duomenų saugojimą tik 2D dimensijoje, todėl apibrėžti papildomi reikalavimai požeminių komunikacijų geoinformaciniams duomenims kaupti trimačiame geoinformacinės sistemos modelyje,

2) miesto geoinformacinėje sistemoje duomenys saugomi 2D erdvėje, todėl taikant tinklų klojimo aukščių reikšmes geoinformaciniams duomenims suteikta trečioji dimensija, o esant nepakankamam klojimo altitudžių kiekiui, atliktas linijų viršūnių altitudžių interpoliavimas.

Projektuojant ir statant įvairius statinius ir pastatus miesto teritorijose reikalingi tikslūs požeminių komunikacijų padėties ir gylių duomenys. Šie duomenys yra saugomi miesto geoinformacinėje sistemoje arba planšetėse. Projektuotojai projektuodami, o statybininkai tiesdami naujas komunikacijas neretai negauna tikslios informacijos apie esamų komunikacijų gylių, o kartais ir planimetrinę padėtį. Viena iš gylių padėties netikslumo priežasčių – surenkama nepakankamai informacijos apie komunikacijų vertikaliąją padėtį. „Statomų požeminių tinklų ir komunikacijų geodezinių nuotraukų atlikimo tvarkoje“ nurodoma, kurių geoobjektų turi būti nustatoma ir vertikalioji padėtis. Pagal egzistuojančią tvarką,

kabelinių komunikacijų altitudės be papildomų reikalavimų apskritai nenustatomos, todėl geodezininkai, atlikdami geodezinius tyrimus, nerenka nereikalaujamos informacijos. Kabelinių komunikacijų planimetrinė padėtis taip pat ne visada tiksliai žinoma, nors reikalaujama nustatyti posūkių, jungčių padėtį, o esant tiesiems tarpams padėtis turi būti nustatoma ne rečiau kaip kas 50 metrų. Kabelinės linijos dažnai vingiuoja, ir nustatyti tikslią posūkio vietą sudėtinga. Naudojant šiuolaikinius elektroninius tacheometrus padėtį ir aukščius nustatyti bei įvesti nėra sudėtinga, todėl galima pateikti papildomus duomenų surinkimo sudarant požeminių komunikacijų geodezines nuotraukas reikalavimus.

Miesto geoinformacinėje sistemoje kaupiami požeminių komunikacijų geoinformaciniai duomenys saugomi 2D erdvėje, vamzdinės ir laidinės komunikacijos saugomos kaip linijiniai geometriniai elementai, o požeminių komunikacijų klojimo altitudžių duomenys atskirame taškiniame sluoksnyje. Taikant trimatį geoduomenų modelį kiekviena linijinės požeminės komunikacijos viršūnė būtų saugoma trimatėje erdvėje, t. y. su aukščio reikšme tame taške. Tam tikslui reikia kartografuoti kiekvienos viršūnės ne tik planimetrinę, bet ir aukščių padėtį. Sudarius trimatį modelį galima būtų saugoti bei panaudoti trimačius geoinformacinius duomenis, o papildžius duomenų surinkimo reikalavimus tokius duomenis sukaupti.

Ir geodezininkai, ir architektai naudoja šiuolaikines geodezinių nuotraukų sudarymo bei projektavimo programas, kurios leidžia įvesti bei saugoti duomenis trimatėje erdvėje. Architektai, projektuodami naujus statinius bei požemines komunikacijas galėtų pasinaudoti trimačiais geoinformaciniais duomenimis ir pagerinti projektavimo kokybę [4].

8. Požeminių komunikacijų duomenų surinkimo reikalavimai

Pagal reglamentą [5] nustatomos tik šių požeminių komunikacijų objektų altitudės:

- visų įrenginių viršaus (dangčio žiedo);
- į šulinius įeinančių arba iš jų išeinančių vamzdžių (savitakinių komunikacijų – nuotekų ir drenažo – vamzdžio latako), kitų vamzdžių – vamzdžio viršaus;
- telefono kabelių – vamzdžio latako, jei vamzdžių pluoštas – apačios ir viršaus;
- vienodo nuolydžio atkarpų – ne rečiau kaip kas 50 m.

Altitudės nustatomos 1 cm tikslumu. Taip pat nurodoma, kad kabelinių komunikacijų altitudės papildomai nereikalaujant nenustatomos. Techninių reikalavimų reglamente „Statybiniai inžineriniai geodeziniai tyrinėjimai“ nurodoma, kad atliekant požeminių komunikacijų tyrinėjimus sudaroma inžinerinių statinių nuotrauka, kurioje turi būti nustatomi šulinio angos dangčio, žemės paviršiaus prie šulinio aukščiai, šulinyje esančių vamzdžių, kabelių, kanalų aukščiai, o matavimai nuo šulinio angos žiedo turi būti atliekami 1 cm tikslumu (sudaroma šulinio inventorizacijos kortelė). Nematomų taškų

planimetrinė padėtis bei jų gylis gali būti nustatomas ieškikliais, o matavimų rezultatų skirtumas matuojant du kartus neturi skirtis daugiau kaip 15 %.

Minėtuosius reikalavimus rekomenduojama papildyti. Matuojant altitudės turi būti nustatomos:

- į kabelinių požeminių komunikacijų šulinį ar kamerą įeinančių ir išeinančių kabelių;
- kabelinių požeminių komunikacijų posūkių, jungčių (movų), įvadų taškuose;
- kabelinių požeminių komunikacijų ryškaus nuolydžio kitimo taškuose;
- kabelinių požeminių komunikacijų tiesių tarpų taškuose – ne rečiau kaip kas 50 m.

Iš esmės siūloma nustatyti kabelinių komunikacijų charakteringųjų vietų altitudes, planimetrinę padėtį, susieti planimetrines koordinates su altitude.

Laikantis minėtosios tvarkos suformuluoti šie požeminių komunikacijų geoinformacinių duomenų kaupimo trimačiame geoinformacinės sistemos modelyje reikalavimai [10]:

1. Linijinių požeminių komunikacijų geoobjektų įvedimas:

- linijos geometrija įvedama kartu įvedant ir linijos viršūnių altitudes arba fiksuojant altitudžių reikšmes atskiroje taškinėje geoinformacinių duomenų klasėje. Vėliau taikant požeminių komunikacijų linijų altitudžių nustatymo algoritmą altitudės būtų nustatomos visų linijų viršūnių altitudės;
- į linijų atributinės duomenų bazės laukus turi būti įvedamos techninės charakteristikos, nurodytos techninių reikalavimų reglamente: priklausomai nuo paskirties komunikacija turi būti vedama į atitinkamą geoinformacinių duomenų klasę suteikiant Gkodo reikšmę; jei tai vamzdynai, turi būti nurodomi vamzdynų vidiniai skersmenys ir medžiaga iš kurios pagaminti, jei komunikacijos savitakinės – nurodoma skysčio tekėjimo kryptis (siūloma įvesti azimuto reikšmę), o nuolydis (promilėmis) gali būti apskaičiuojamas automatiškai arba, jei apskaičiuotas kitais būdais, – įvedamas; dujotiekių papildomai nurodomas slėgis, o kabelinių elektros komunikacijų – įtampa; jei yra apsauginiai komunikacijų vamzdžiai, – taip pat nurodoma apsauginiai vamzdžiai iš kurių pagaminti ir skersmenys.

2. Taškinių požeminių komunikacijų geoobjektų įvedimas:

- taškinių objektų, tokių kaip: šulinių dangčiai, sklendės, – geometrija įvedama į taškinę geoinformacinių duomenų klasę, įvedant ne tik planimetrinę padėtį, bet ir altitudes. Jei komunikacijų klojimo altitudės išmatuotos atskirai, jos įvedamos į komunikacijų klojimo altitudžių taškinio sluoksnio, atitinkamą atributinį lauką. Šios reikšmės vėliau bus nustatomos linijoms taikant altitudžių nustatymo požeminių komunikacijų linijoms algoritmą. Taškai turi jungtis su linijomis, kurios į šį tašką įeina, t. y. turi būti užtikrinta tinklo topologija;
- taškinių objektų atributiniai duomenys įvedami į atitinkamus atributinius laukus. Priklausomai nuo tipo taškiniai objektai įvedami į atitinkamą taškinį sluoksnį nurodant Gkodo reikšmę. Šulinių, duomenys įvedami iš šulinių inventorizacijos kortelės: miestas, gatvė, planšetės nomenklatūra, tipas, dangčio skersmuo ir medžiaga iš kurio pagamintas, žemės altitudė, sienų ir dugno medžiaga, įeinančių ir

išeinančių vamzdžių kiekis, kiekvieno įeinančio ir išeinančio vamzdžio tipas, skersmuo, lipynės tipas, laiptelių kiekis, nurodoma, ar yra vandens, dujų, taip pat nurodomas inventorizavęs asmuo bei inventorizavimo data. Atskaita (vamzdžio viršus ar apačia) ir atstumas nuo dangčio įvedami į komunikacijų klojimo altitudžių geoinformacinę duomenų klasę. Klojimo altitudė gali būti apskaičiuojama automatiškai pagal atstumą iki dangčio. Kitų taškinių objektų taip pat nurodoma vieta (miestas, gatvė), planšetės nomenklatūra, tipas. Turi būti galimybė saugoti nuskaitytą šulinio inventorizacijos kortelę.

3. Tūrinių požeminių komunikacijų geoobjektų įvedimas:

- Tūriniai požeminiai objektai, tokie kaip rezervuarai, kameros, – saugomi daugiasienių geoinformacinėje duomenų klasėje. Pradiniam duomenų įrašymui ir saugojimui naudojama poligoninio tipo geoinformacinių duomenų klasė, tuomet prie kiekvienos viršūnės įtraukiama tūrinio objekto apačios altitudės reikšmė.
- Tūrinių objektų atributiniai duomenys įrašomi į atitinkamus atributinius laukus. Priklausomai nuo tipo tūriniai objektai įrašomi į atitinkamą geoinformacinę duomenų klasę, nurodant Gkodo reikšmę. Kaip atributinė reikšmė įrašomas objekto aukštis nuo apačios.

Taip pat turi būti suteikiama informacija apie visų objektų duomenų surinkimo metodą, tikslumą ir datą. Geoinformaciniai duomenys turi būti saugomi centrinėje duomenų bazėje ir prieinami redaguoti ir peržiūrėti iš kelių darbo vietų vienu metu[1].

9. Požeminių komunikacijų 3D skaitmeninio modelio kūrimas

Programa „AutoCad Civil 3D“ susideda iš:

- „AutoCad“ programos;
- “Map”;
- “Survey”;
- “Civil” programos funkcijų.

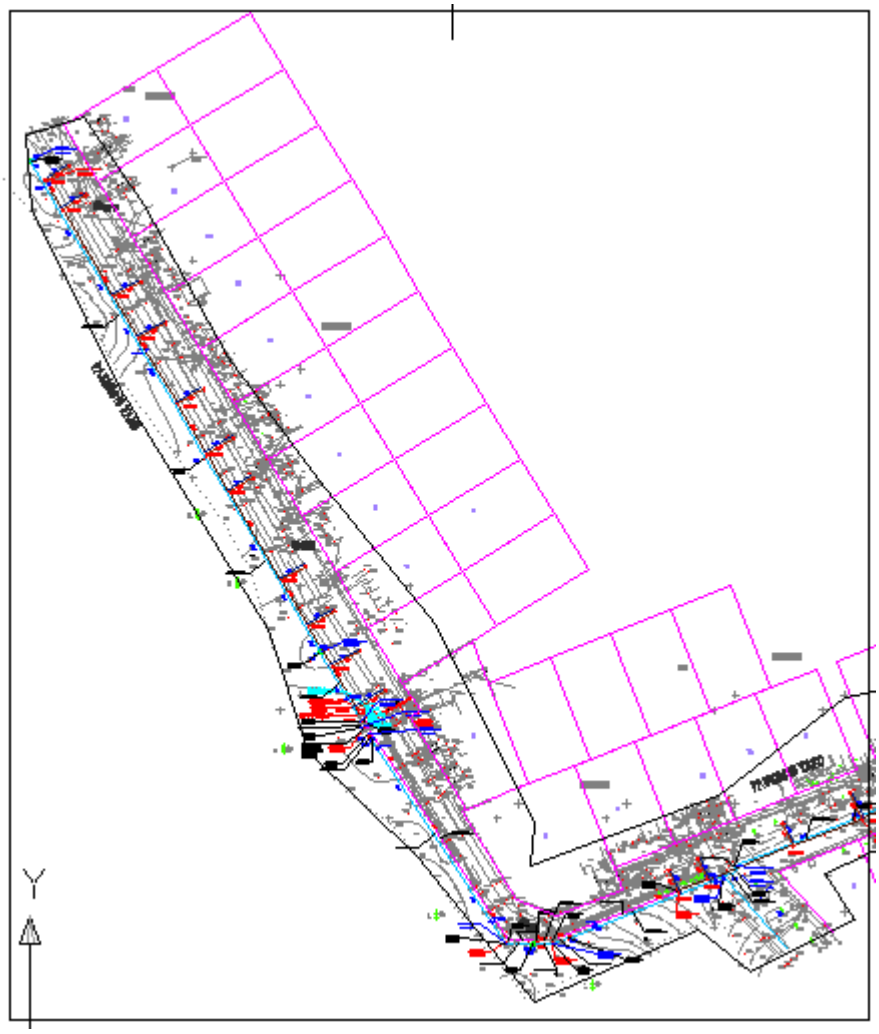
Tai kompleksinių uždavinių sprendimo programa, skirta įvairiems civilinės inžinerijos klausimams spręsti:

- Kelių,
- Inžinerinių tinklų projektavimo,
- Planiravimo,
- Žemėtvarkos,
- Žemės darbų skaičiavimo,
- Topografinių nuotraukų, planų, žemėlapių sudarymui,

• GIS duomenų kaupimui ir redagavimui.

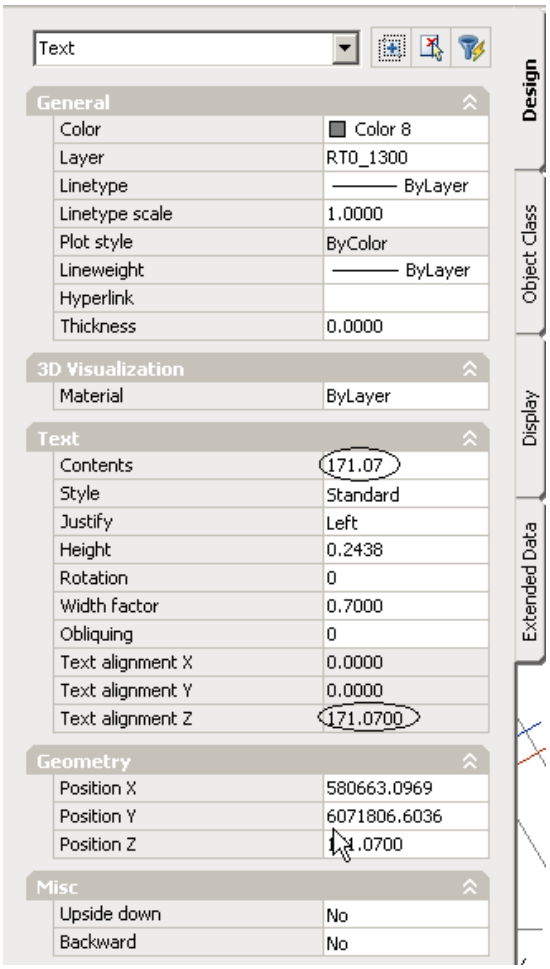
Pabandykime išnagrinėti pavyzdį, kaip su šia programa projektuojami lauko požeminiai inžineriniai tinklai.

Pirmiausiai „AutoCad Civil 3D“ programos pagalba yra sukuriama topografinė nuotrauka 2D formatu. Brėžinyje nubraižomos esamos požeminės komunikacijos bei esama situacija.



9.1 pav. Topografinė nuotrauka

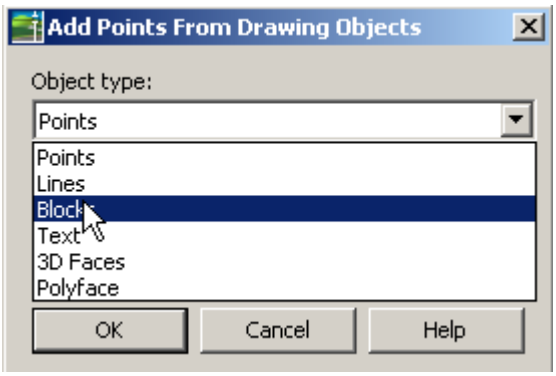
Turime topografinę nuotrauką, kurioje pateikti taškų aukščiai, išmatuoti tacheometru. Žinoma visa informacija yra ne tik atvaizduojama ekrane, bet ir saugoma programos duomenų bazėje. Iš turimų aukščio reikšmių sukuriamos horizontalės. Šia procedūrą programa atlieka automatiškai, arba horizontales galima kurti patiems.



9.2 pav. Sluoksnio savybių langas

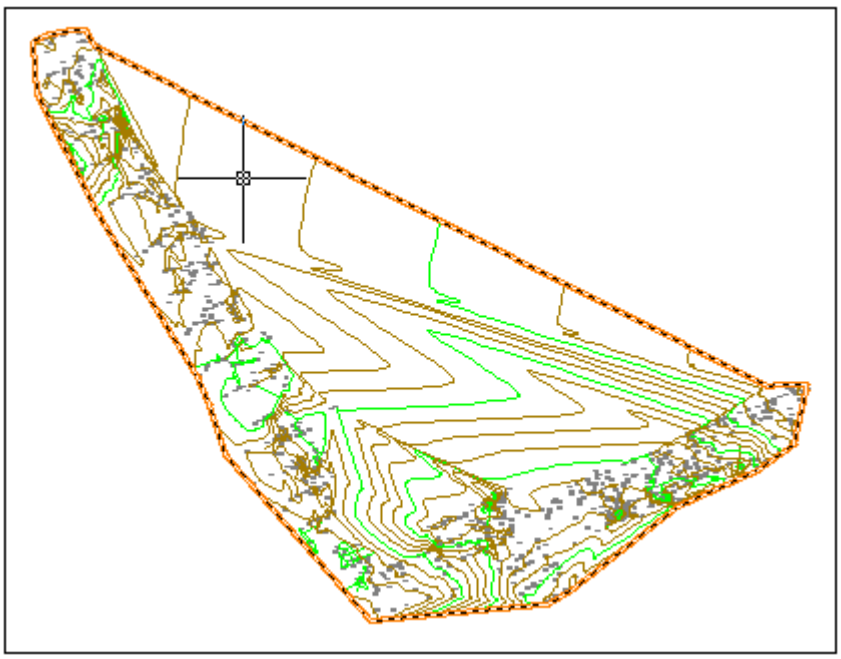
Aukščio taškų sluoksnis izoliuojamas, kuriamam paviršiui suteikiamas pavadinimas, stilius ir objektas, iš kurio bus kuriamas paviršius. Paviršių galima kurti iš įvairių „AutoCad“ objektų:

- Taškų,
- Linijų,
- Blokų,
- Teksto,
- „3D Face“ linijų,
- „Polyface“ linijų.



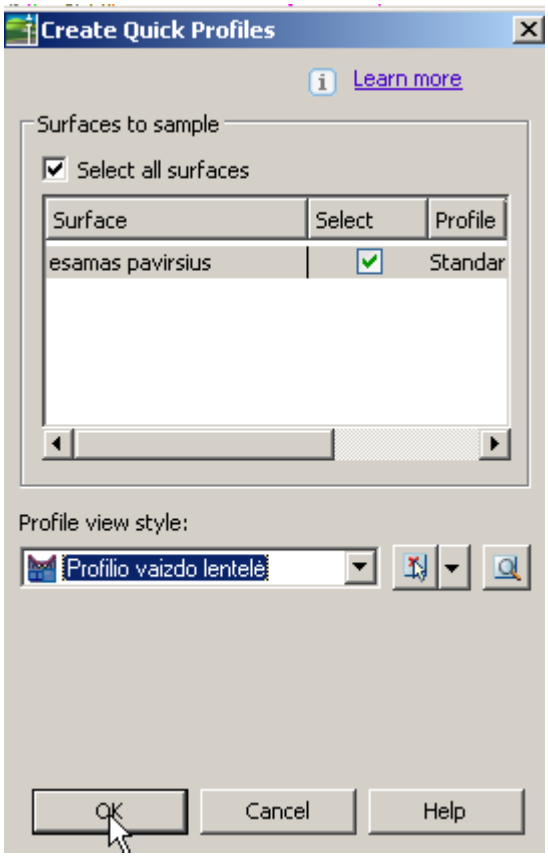
9.3 pav. Kuriamo paviršiaus „AutoCad“ objektų pasirinkimas

Šiuo atveju paviršius kuriamas automatiškai. Nurodomas žemės paviršiaus aukščių sluoksnis ir programa automatiškai sukuria horizontalias.



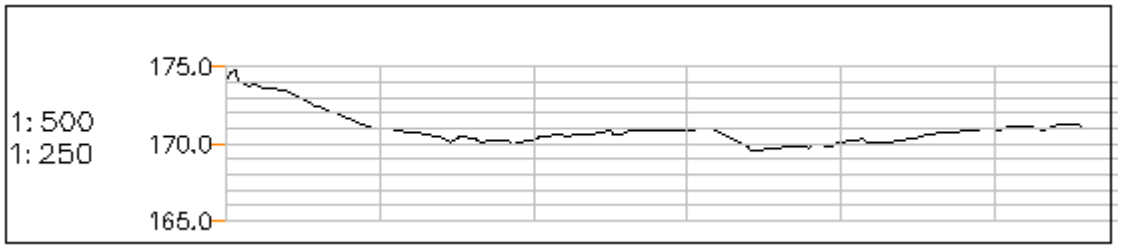
9.4 pav. Topografinė nuotrauka su automatiškai sukurtomis horizontalėmis

Taip pat galima peržiūrėti kiekvienos linijos horizontalų pjūvį. Greitasis išilginis profilis kuriamas labai greitai, tereikia nurodyti liniją, lentelės tipą ir jos vietą. Pagal nurodytą trasą programa automatiškai priskiria šulinių, įeinančių ir išeinančių vamzdžių bei kitų elementų altitudes. Inžineriniai tinklai ir jų projektiniai duomenys automatiškai įkeliami į išilginio profilio vaizdo lentelę, kurioje juos galima redaguoti tiek grafiniu būdu, tiek lentelių pagalba.



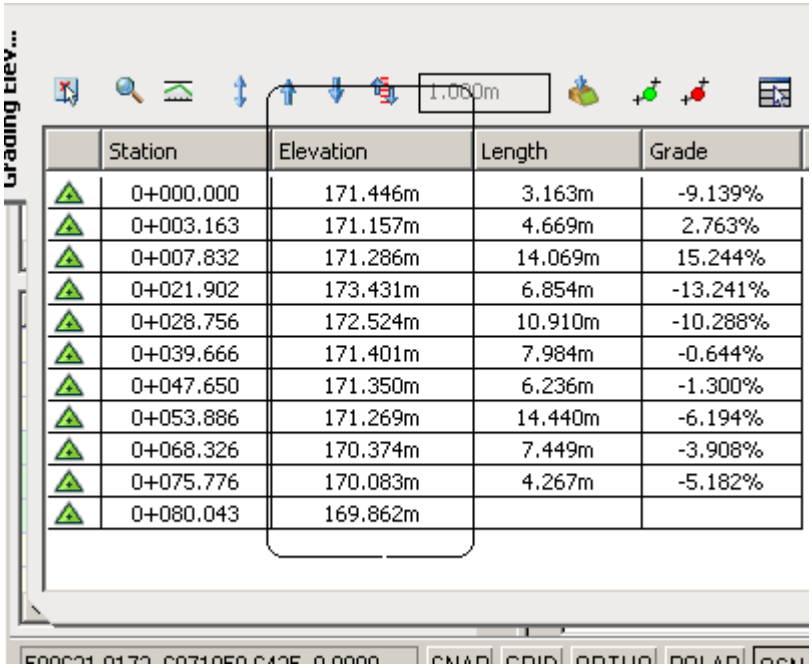
9.5 pav. Greito profilio kūrimo langas

Greitojo profilio kūrimo galimybė yra vienas iš didžiausių šios programos privalumų.



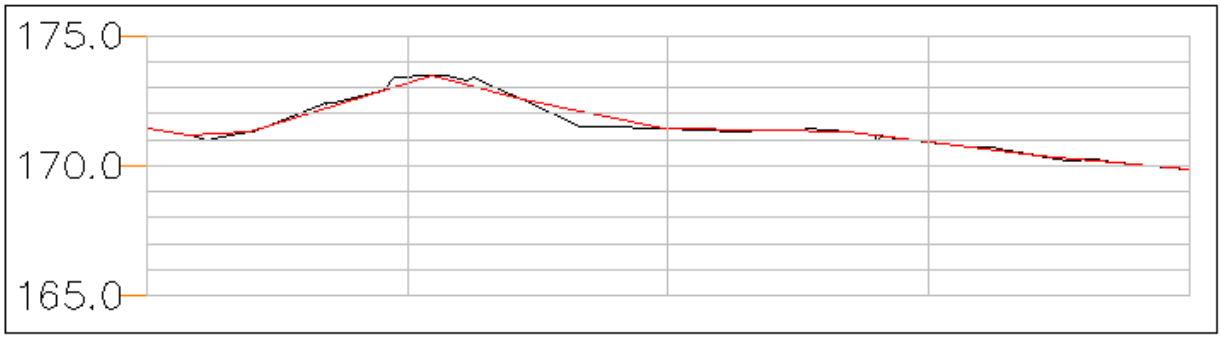
9.6 pav. Linijos išilginis profilis

Suprojektuokime vandentiekį. Topografinėje nuotraukoje pateiktos linijos, viena iš jų vandentiekio linija, kurios tipas – „polyline“. Programa leidžia konvertuoti linijas į kitokio tipo linijas, kurios toliau virsta į nurodyto tipo vamzdyną. Šiuo atveju tikslinga vandentiekio liniją konvertuoti į liniją, kuriai galima priskirti aukščio reikšmę. Liniją būtina susieti su esamu paviršiumi.



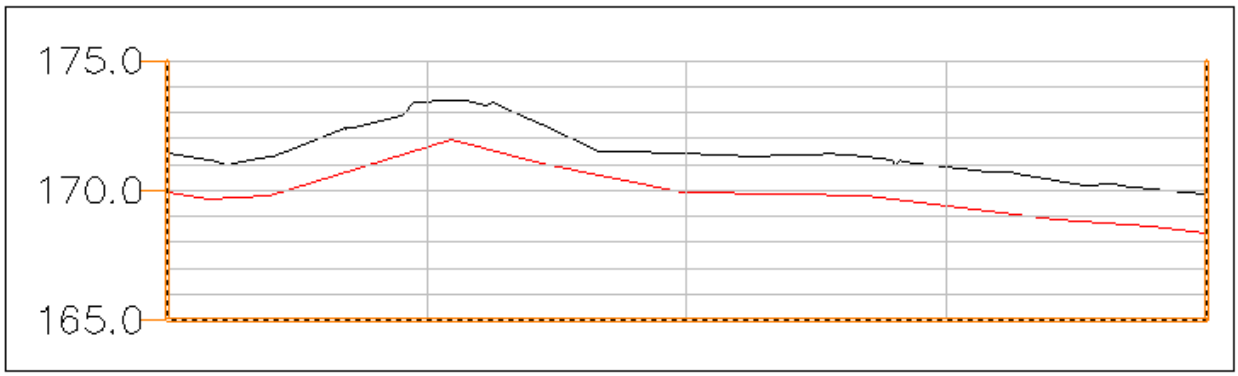
9.7 pav. Vandentiekio linijos susiejimas su esamu paviršiumi

Dabar galima peržiūrėti, kaip ši linija atrodo išilginiame pjūvyje. Iš (9.8 pav.) matome, kad raudona linija yra vandentiekis, prisegtas prie esamo paviršiaus.



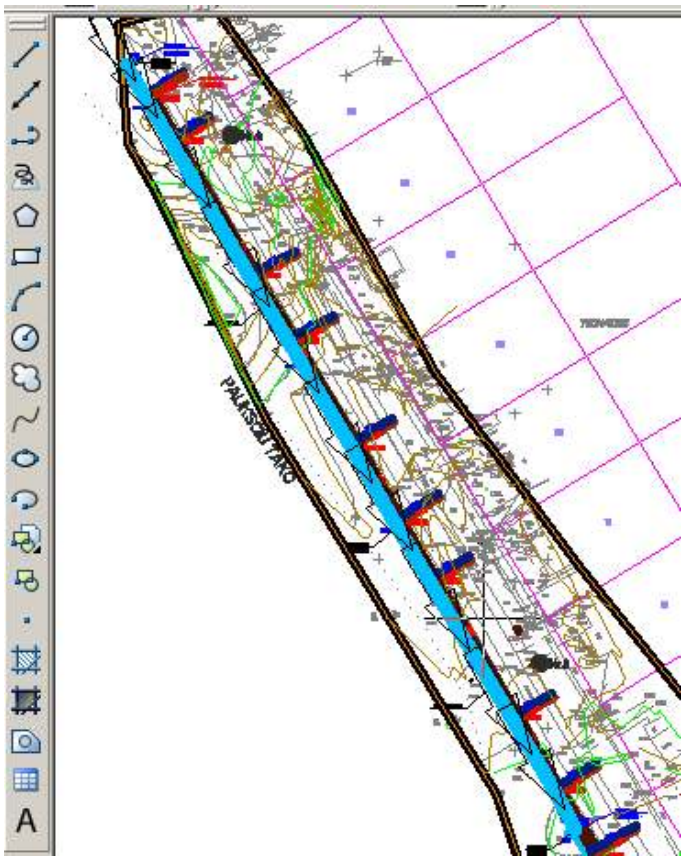
9.8 pav. Linijų išilginis pjūvis

Taip pat galima nurodyti vandentiekio gylį. Pjūvyje matome vandentiekio liniją, nuleistą į 1,50 m gylį. Tokiu pat principu galima koreguoti nuolydžius, aukščius ir kitus svarbius parametrus.



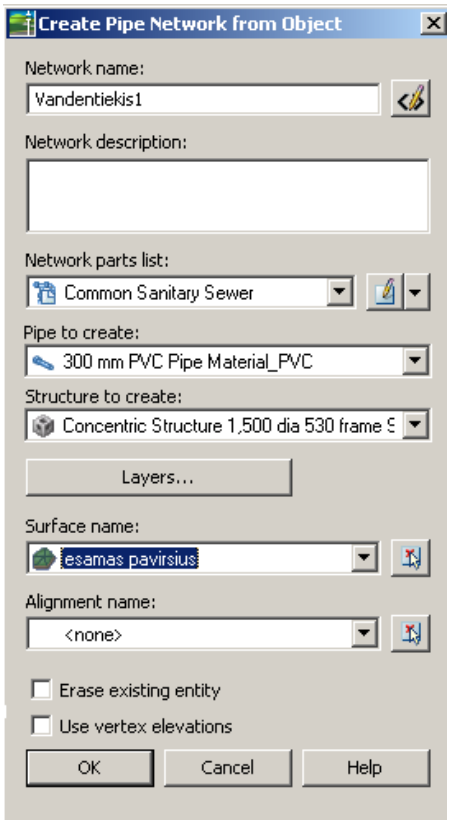
9.9 pav. Pakoreguotų linijų išilginis pjūvis

Kai vamzdyno padėtis sureguliuota, liniją galima paversti į norimo tipo vamzdžius ir šulinius. Nurodome, kad konvertuojame šią liniją į norimo tipo vamzdžius. Programa parodo vandens tekėjimo kryptį. Jeigu vandens tekėjimo kryptis netinka, ją galima pakeisti. Redaguojant trasos kryptį ar inžinerinių tinklų detales bei duomenis plane, automatiškai keičiasi duomenys išilginiame trasos profilyje (ir atvirkščiai).



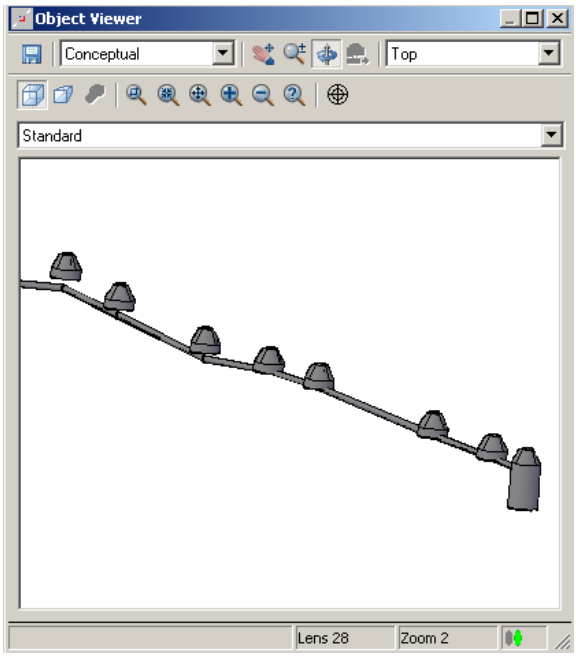
9.10 pav. Vandentiekio tekėjimo kryptis

Programoje yra inžinerinių tinklų katalogas, kuriame yra didelis pasirinkimas: vandens kanalizacijos šulinių, vandens gręžinių, įvairaus diametro vamzdžių ir pan. Šį katalogą įmanoma papildyti savo sukurtais elementais bei konstrukcijomis. Projektuojant, iš šio katalogo pasirenkama konkrečios komunikacijos konstrukcija ir jos elementai. Nurodomas vandentiekio pavadinimas, katalogas su vamzdžių ir šulinių pavyzdžiais.



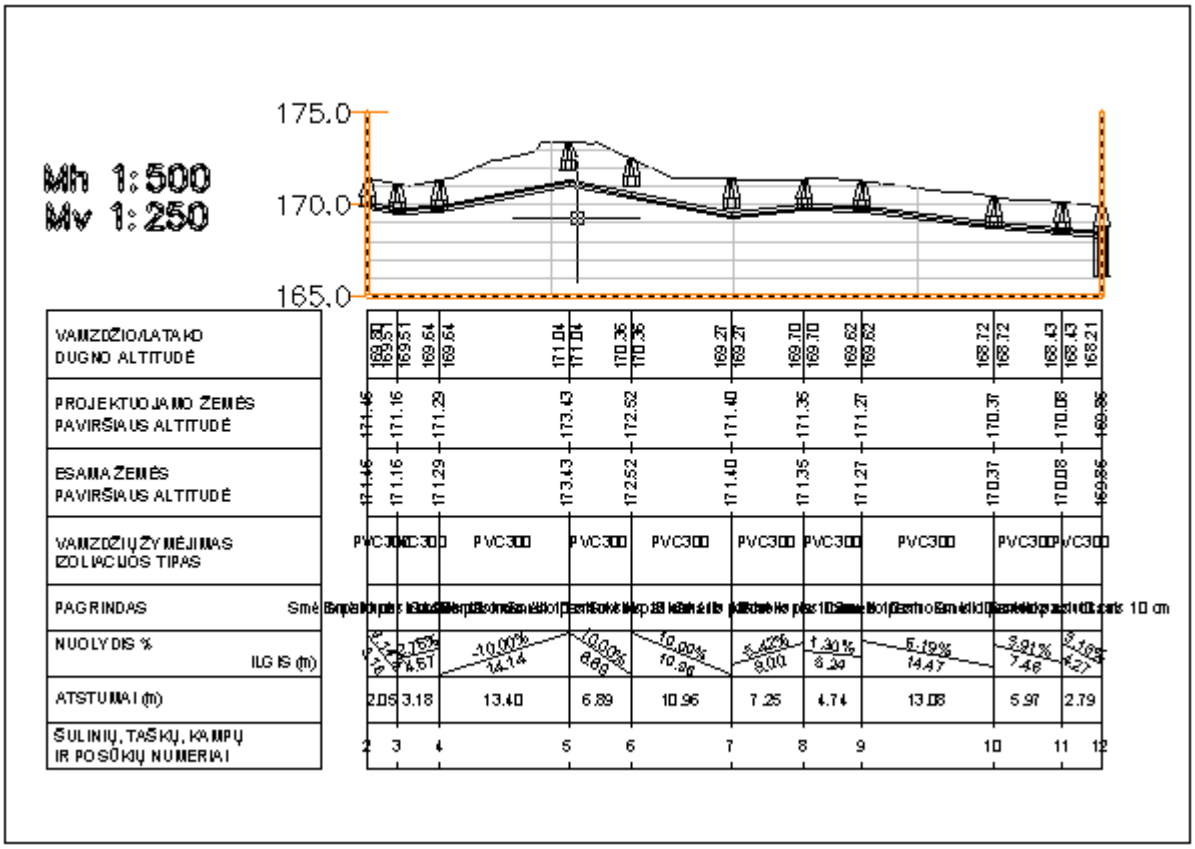
9.11 pav. Vamzdyno projektavimo langas

Pasirenkame PVC tipo 30 mm diametro vamzdžius ir 1,5 m diametro šulinius. Projektuojame juos ant esamo paviršiaus. Brėžinyje atsirado šuliniai ir vamzdžiai. 3D vaizdas atrodytų taip:



9.12 pav. Trimatis vamzdyno vaizdas

Dabar reikia sureguliuoti šulinių aukščius. Tačiau, prieš reguliuojant, galima perkelti vaizdą į išilginį profilį. Išilginis profilis sukuriamas iš vandentiekio trasos ašinės linijos. Nurodomas vamzdynas, lentelės tipas, profilio stilius, projektuojamasis paviršius bei išilginio profilio vieta.



9.13 pav. Vandentiekio trasos išilginis profilis

Šio išilginio profilio vamzdžius ir šulinius galima redaguoti tiek rankiniu būdu, tiek lentelėmis, pasikvietus tam tikras komandas. Išilginio profilio apačioje matomi visi vamzdžių ir šulinių duomenys:

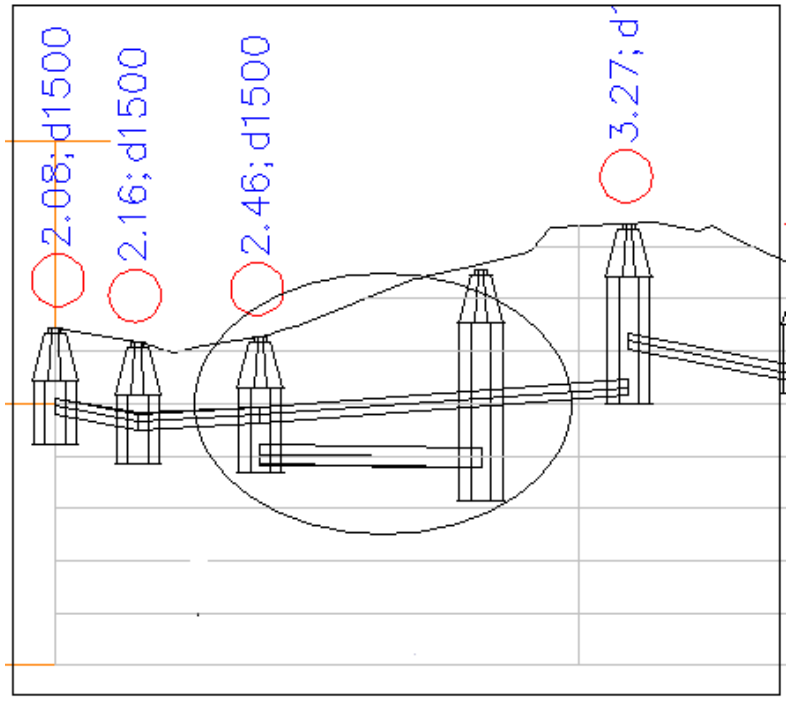
- vamzdžio latako dugno altitudė,
- projektuojamojo žemės paviršiaus altitudė,
- esamoji žemės paviršiaus altitudė (šiuo atveju ji sutampa su projektuojamojo paviršiaus altitudėmis),
- vamzdžio žymėjimo tipas,
- pagrindas (smėlis, žvyras ir pan.),
- nuolydis ir ilgis,
- atstumas tarp šulinių,
- šulinių (arba taškų) numeriai.

Redaguojant vamzdyną, iš karto keičiasi duomenys lentelėje (9.17 pav.).

Programos duomenų bazėje saugomi šie duomenys:

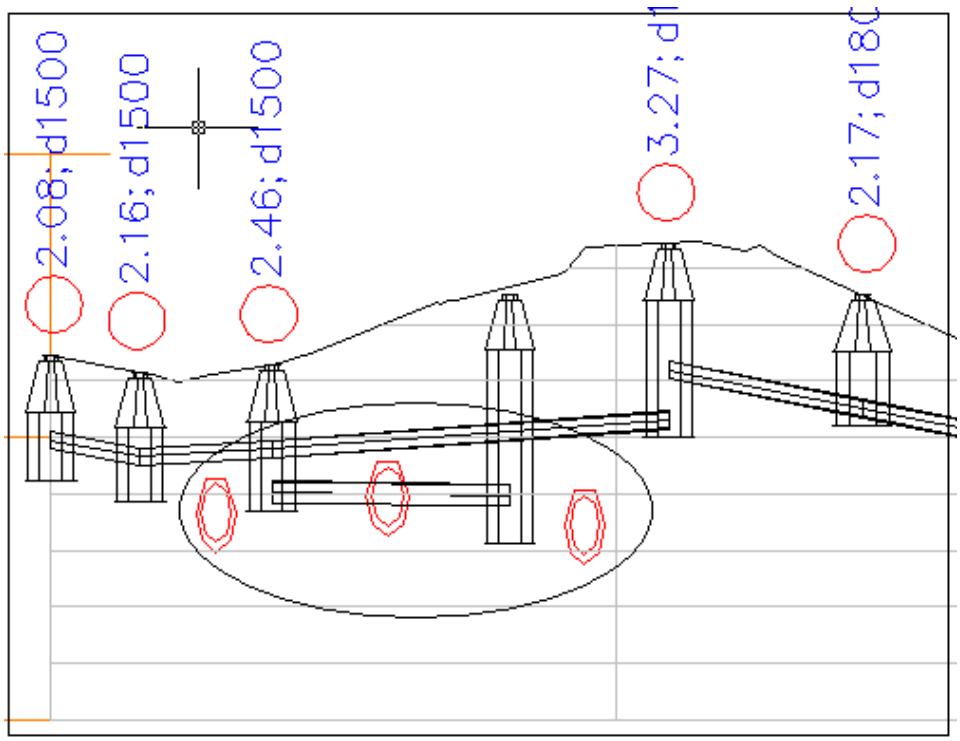
1) vamzdžių:
   - nuolydžiai,
   - sujungimai,
   - koordinatės,
   - altitudės,
   - kryptis,
   - ilgiai.
2) šulinių:
   - numeriai,
   - stilius,
   - medžiaga,
   - diametras,
   - altitudės,
   - koordinatės.

Taip pat prie vamzdyno galima prijungti atšakas ir perkelti į išilginį profilį (9.14 pav.).



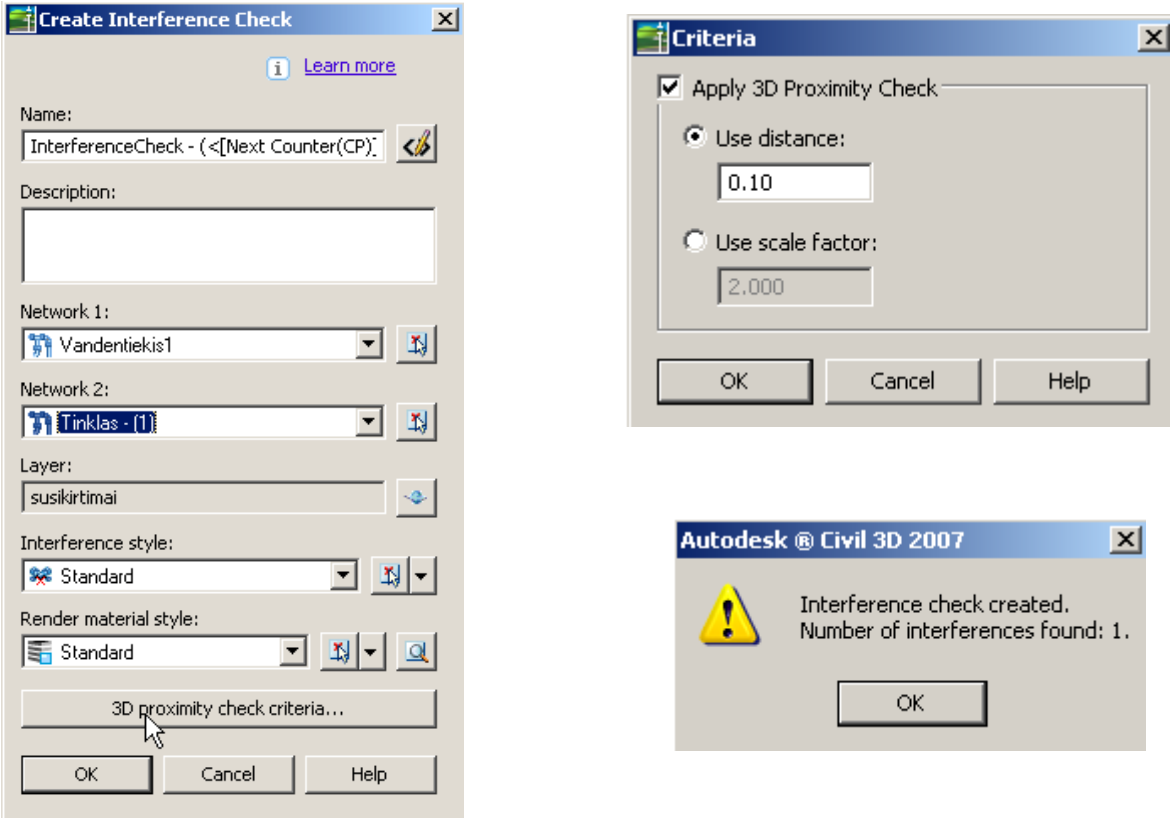
9.14 pav. Vamzdyno atšakų vaizdas išilginiame profilyje

Taip pat išilginiame profilyje galima pasižiūrėti ir kertantį vamzdyną. Plane imituosime kitą vamzdyną, kuris kirs suprojektuotą vandentiekį. Pavyzdžiui, tegul kerta kitas tinklas (kitokio tipo) ant esamojo paviršiaus. Pasirenkama tinklo medžiaga ir skersmuo. Imituojamas vamzdžių kirtimasis. Perkeliame tris kertančius vamzdžius į profilį. Juos taip pat galima redaguoti.



9.15 pav. Kertančiojo vamzdyno vaizdas išilginiame profilyje

„AutoCad Civil 3D“ leidžia sukurti užklausą apie vamzdžių kirtimąsi. Plane nurodomas vamzdynas, kriterijus, ką vadiname kirtimusi, t.y. nurodomas minimalus atstumas. Šiuo atveju kirtimasis yra 10 cm atstumu nuo vamzdyno. Programa praneša, kad tarp dviejų vamzdynų yra vienas susikirtimas. Valdymo lange galima matyti susikirtimus.



9.16 pav. Vamzdžių kirtimosi užklausos formavimas

Suprojektavus norimą vamzdyną, galima gauti ataskaitą HTML rinkmenoje. Čia pateikti vamzdžių pavadinimai, tipas, skersmuo, medžiaga, šuliniai, jungiantys vamzdį, vamzdžio pradžios ir pabaigos aukščiai, 2D ir 3D ilgiai ir nuolydžiai.

Pipe Network: Vandentiekis1
Pipes

Name	Shape	Size (mm)	Material	US Node	DS Node	US Invert (m)	DS Invert (m)
Pipe - (26)	Circular	D:300.00	PVC	2	3	169.80	169.51
Pipe - (27)	Circular	D:300.00	PVC	3	4	169.51	169.64
Pipe - (28)	Circular	D:300.00	PVC	4	5	169.64	170.16
Pipe - (29)	Circular	D:300.00	PVC	5	6	171.04	170.36
Pipe - (30)	Circular	D:300.00	PVC	6	7	170.36	169.27
Pipe - (31)	Circular	D:300.00	PVC	7	8	169.27	169.70
Pipe - (32)	Circular	D:300.00	PVC	8	9	169.70	169.62

9.17 pav. Detali suprojektuoto vamzdyno ataskaita

Šulinių ataskaitoje pateikiami šulinių numeriai, tipas, skersmuo, medžiaga, koordinatės, šulinio apačios ir viršaus aukščiai, nuosėdoms skirtas atstumas bei vamzdžiai, jungiantys šulinius.

Structures

Structure	Type	Size (m)	Material	Northing (m)	Easting (m)	Rim Elev (m)	Sump Elev (m)
EndNullStruct0	Connection	...	...	6071848.80	580633.60	0.00	NaN
5	Circular	D:1.50	CONC	6071841.70	580632.66	173.43	170.16
13	Circular	D:1.50	CONC	6071848.80	580633.60	172.54	168.28
6	Circular	D:1.80	CONC	6071835.80	580636.14	172.52	170.36
2	Circular	D:1.50	CONC	6071860.58	580621.56	171.45	169.37

9.18 pav. Suprojektuotų šulinių detali ataskaita

Ataskaitą galima įsirašyti arba perkelti į tekstinę rinkmeną ir ten koreguoti.

Požeminių inžinerinių tinklų projektavimo metu buvo panaudotas vienas iš metodų inžinerinių tinklų kūrimui, tačiau jų yra daugiau.

10. Požeminių komunikacijų trimačio modelio naudojimas Lietuvoje ir pasaulyje

Požeminių komunikacijų projektavimas, bei esamų vaizdavimas trimačiame modelyje yra naujausias būdas taikomas įvairioms realioms pasaulio situacijoms planuoti bei prognozuoti. Šis duomenų kaupimo ir vaizdavimo būdas yra gana naujas visame pasaulyje ir dar beveik neištirtas ir nenaudojamas Lietuvoje.

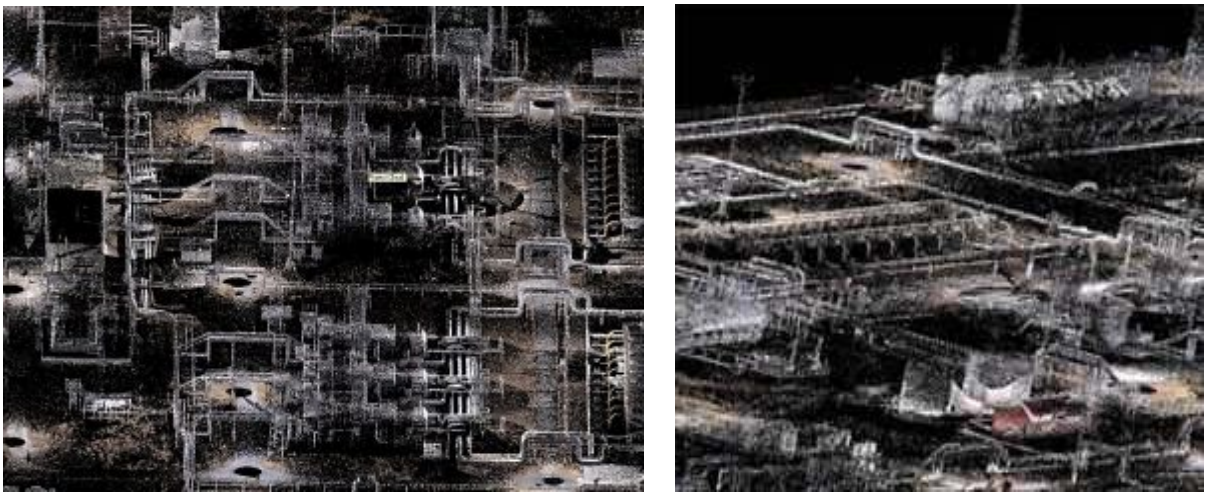
Lietuvoje trimatis modelis plačiai taikomas pastatų ir statinių projektavimui, tačiau požeminių komunikacijų srityje beveik netaikomas. Svarbiausia priežastimi tapo informacijos apie esamų požeminių komunikacijų gylį neturėjimas. Dėja esamų požeminių komunikacijų duomenys apie jų įgylinimą yra per daug menki, kad būtų galima tiksliai sukurti komunikacijų trimatį modelį. Tačiau, minint projektuojamas požemines komunikacijas, šis būdas yra labai efektyvus, kadangi programinė įranga trimačiam modeliui sukurti saugo daugiau informacijos, leidžia daug lengviau sukurti išilginius profilius, atlikti situacijos analizę. Žinoma ir šiuo atveju galima surasti trūkumų, pagrindinis jų – kūriant trimatį modelį padidėja laiko sąnaudos, o tai dažnai būna pagrindinė naujovių nesivystimo šalyje priežastimi.

Šiuo metu Lietuvoje įmanoma kūrti trimačio modelio požeminių komunikacijų nuotraukas arba jas projektuoti, tačiau dažniausiai Lietuvos įmonės samdo užsienio rangovus (pavyzdžiui iš Didžiosios Britanijos arba Vokietijos)[2].

Požeminių komunikacijų trimačio modelio kūrimas neseniai buvo išvystytas ir Rusijoje. Vienas didžiausių projektų buvo atliktas 2006 – 2007 m.m. miestelyje Naujasis Urengojis, esančiame netoli Poliarinio rato, kur tankiai išsidėstę kompleksinio dujų paruošimo įrenginiai. Tikslas buvo paruošti teritorijos detalųjį planą masteliu 1:500. Detaliajame plane turėjo būti pavaizduoti tiek antžeminiai statiniai, tiek požeminės komunikacijos. Teritorijos matavimai vyko veikiančios gamybos sąlygomis. Bendras teritorijos plotas sudarė apie 130 ha.

Matavimams atlikti, kiekvienoje teritorijos aikštelėje buvo įrengtos laikinos bazinės GPS stotys, kurios buvo susietos su valstybiniu geodeziniu tinklu. Projektui parengti buvo naudojamas lazerinio skenavimo metodas. Lyginant su tradicinėmis matavimo priemonėmis, lazerinis skenavimas leidžia gauti visos teritorijos skaitmeninį erdvinį modelį. Topografinis planas sudaromas remiantis ne diskretiniais matavimais, o dideliu kiekių nuskanuotų taškų, o tai didina matavimų tikslumą.

Lazerinio skenavimo duomenys gaunami milijono taškųmasyvo pavidalu, kuris vadinamas „taškų debesimi“ (10.1 pav.). Po duomenų apdorojimo jis gali būti vaizduojamas tiek dvimačiame, tiek trimačiame modeliuose. Tikslesnio skaitmeninio vaizdo neįmanoma sukurti jokiu kitu žinomu būdu. Nuotraukų sudarymo procesas yra automatizuotas, o duomenų apdorojimas atliekamas specializuotomis programomis, atsižvelgiant į reikiamą duomenų pateikimo būdą.



10.1 pav. „Taškų debesies“ vaizdas

Lazerinio skenavimo technologija buvo pasirinkta ir todėl, kad leidžia sumažinti lauko darbų kiekį.

Geriausiam rezultatui pasiekti, matavimams buvo naudojami tacheometrai ir lazeriniai skaneriai Trimble. Tacheometrai buvo naudojami atraminio geodezinio tinklo kūrimui, reperių koordinačių nustatymui ir atskirų „taškų debesų“ sujungimui į vieningą koordinačių sistemą.

Skenavimo stotys buvo parinktos taip, kad gauti taškų masyvai, optimaliai dengtų visą teritoriją. Skenavimas buvo atliktas daugiau nei iš 400 stočių. Visi antžeminiai statiniai ir požeminės komunikacijos buvo nuskanuotos per 5 mėnesius. Skenavimo darbus atliko 5 žmonės. Matavimų metu buvo gauta daugiau nei 500 mln. taškų (apie 4 mln. piketų 1 ha).

Skanerio pagalba buvo nustatyti visi požeminių komunikacijų išėjimai, o po to požeminių inžinerinių tinklų ieškikliais buvo nustatyta požeminių komunikacijų planimetrinė padėtis ir jų gylis. Ieškiklis aptinka elektromagnetinį lauką, kurį sukuria po žeme esantys, metalą turintys inžinieriniai tinklai. Šis prietaisas elektromagnetinį lauką paverčia elektros signalu, kuris informuoja apie aptiktus inžinerinius tinklus. Skirtingi požeminiai inžineriniai tinklai sukuria skirtingus elektromagnetinius signalus (laukus) [2].

Kameralinis duomenų apdorojimas trūko 6 mėnesius. Pirmo etapo metu buvo atliktas pirminis duomenų apdorojimas ir taškų susiejimas su pradine koordinačių sistema. Toliau buvo kūriami visų aikštelių trianguliaciniai reljefo modeliai ir parengti skaitmeniniai daugiasluoksniai topografiniai planai masteliu 1:500. Planų kūrimas buvo atliktas „Autodesk Civil 3D“ programa [20].

Išvados

Vizualizavimo sistemos leidžia žmonėms peržiūrėti duomenis, greitai rasti reikalingą informaciją, daug lengviau sąveikauti su duomenimis, atskirti skirtingus modelius ir tendencijas, išugdyti geresnį informacijos supratimą.

1. 3D vaizdas yra galingas GIS įrankis, savo funkcionalumu jis apima:

- erdvinių duomenų ir žemėlapių kūrimą,
- informacijos analizę,
- atvaizdavimą bei pateikimą vartotojams.

2. Geoinformacinių sistemų sudarymo erdvę galima suskaidyti į:

- antžeminę trimatę erdvę,
- požeminę trimatę erdvę.

3. Yra nemažai įvairių vizualizavimo produktų skirtų regimiesiems žmonių projektų duomenims. Lietuvoje egzistuojančioje potencialioje vizualizavimo sistemų rinkoje pirmauja šios programinės įrangos:

- „AutoCAD Civil 3D“,
- „ArcGIS 3D Analyst“,
- „Bentley PowerDraft“.

4. 3D atvaizdavimo programinės įrangos panaudojimo sritys:

- požeminių komunikacijų duomenų struktūrų, ryšių ir tendencijų atskleidimas, ko neįmanoma pamatyti kitomis priemonėmis;
- sudėtingos ir plačios duomenų analizės atlikimas;
- požeminių komunikacijų geografinio pasiskirstymo suvokimas ir atvaizdavimas;
- geografiškai išsklaidytų vertybių valdymas.

5. Grafiniai ir dinamiški požeminių komunikacijų trasų projektavimo įrankiai:

- sukuria trasą, kurios redagavimas ir scenarijai “kas jeigu” yra viso projektavimo proceso dalis. Gali būti keičiamas trasos atvaizdavimas, projektiniai duomenys - greitis, viražai, piketų numerių aprašymai ir atvaizdavimas.
- požeminių komunikacijų trasos ir profiliai yra tarpusavyje susieti objektai. Kai yra redaguojama horizontali trasa, galima automatiškai atnaujinti ir profilį. Profilyje galima matyti vieną ar keletą paviršių.
- profiliavimo procesas vyksta sąveikoje su vietove ir jos išplanavimu. Rezultatas lengvai paverčiamas į projektinį paviršių, kurį galima analizuoti ir vizualizuoti.

6. Atlikus tyrimą padaryta išvada, kad 3D duomenų modelio požeminių komunikacijų nuotraukos atlikimui būtina:

- nustatyti požeminių komunikacijų charakteringųjų vietų altitudes,
- sudaryti šulinių inventorizacijos korteles,
- požeminių komunikacijų ieškikliais nustatyti nematomų taškų planimetrinę padėtį bei jų gylius,
- susieti planimetrines koordinates su altitudėmis, t.y. sujungti planimetrinę ir vertikaliąją padėtį,
- įvesti visus duomenis į trimatės geoinformacinės sistemos duomenų bazę, juos kaupti, redaguoti ir analizuoti.

7. Lietuvoje požeminių komunikacijų srityje 3D modelio vizualizavimas šiuo metu netaikomas, kadangi šis duomenų kaupimo procesas yra ilgas, užima daug laiko ir papildomų finansinių sąnaudų, o taip pat nepakanka informacijos apie esamas požemines komunikacijas. Todėl lietuviškos statybos įmonės samdo užsienio įmones tokiems darbams atlikti. Kadangi Lietuvoje jau egzistuoja vizualizavimo sistemų rinka, galima teigti, kad trimačio modelio kūrimas bus išvystytas ir Lietuvoje.

Literatūra

1.Aksamitauskas V. Č., Neseckas A. Požeminiai inžineriniai tinklai. Vilnius: Technika, 2005;

2.ArcUser. The Magazine for ESRI Software Users.January – March 2007;

3. Čypas K. Geodezinių ir fotogrametrinių matavimų taikymas miesto trimatei geoinformacinei sistemai tobulinti. Daktaro disertacija. Vilnius 2006;

4.Geodezija ir kartografija, 2005, XXXI t., Nr. 3 Geodesy and Cartography, 2005, Vol XXXI, No 3;

5. Geodezijos ir kartografijos techninis reglamentas „Lietuvos Respublikos teritorijoje statomų požeminių tinklų ir komunikacijų geodezinių nuotraukų atlikimo tvarka GKTR 2.01.01:1999“, patvirtinta Valstybinės geodezijos ir kartografijos tarnybos prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės direktoriaus 1999 m. gegužės 4 d. įsakymu Nr. 17 (Žin., 1999, Nr. 42-1356);

6. GeoInformatics.Magazine for Surveying, Mapping & GIS Professionals. December 2005;

7. Makutėnienė D., Gujienė I. Inžinerinė ir kompiuterinė grafika. Vilnius: Technika, 2006;

8. Paršeliūnas E. Geoinformacinės sistemos: duomenų bazės. Vilnius: Technika, 1997;

9.Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės. Statomų požeminių tinklų ir komunikacijų geodezinių nuotraukų atlikimo tvarka. Techninių reikalavimų reglamentas GKTR 2.01.01:1999. Vilnius: Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba, 1999;

10. Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės. Statybiniai inžineriniai geodeziniai tyrinėjimai. Techninių reikalavimų reglamentas GKTR 2.08.01:2000. Vilnius: Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba, 2000;

11. Zakarevičius A. Lietuvos geodezinių tinklų koordinačių sistemos ir jų ryšiai. Vilnius: Technika, 1996;

12. „AutoCad Civil 3D“ programa. [žiūrėta 2008-04-17]. Prieiga per internetą: http://www.aga-cad.lt/default.asp?f1=499&f2=0;

13. „AutoCad Civil 3D“ vizualizavimo objektai. [žiūrėta 2008-03-03]. Prieiga per interneta: http://www.aga-cad.lt/default.asp?act=v&uniid=125&f1=339&f2=328

14. „Bentley powerDraft“ programa. [žiūrėta 2008-02-14]. Prieiga per internetą: www.**bentley**.com/ru-RU/Products/**Bentley+PowerDraft**/;

15. „ArcGIS 3D Analyst“ programa. [žiūrėta 2008-04-17]. Prieiga per internetą: http://www.hnit-baltic.lt/DesktopDefault.aspx?tabID=3579&lang=lt-LT;

16. „Bentley powerDraft“ programa. [žiūrėta 2008-02-14]. Prieiga per internetą: http://www.inre.lt/download/about/PowerDraft.pdf;

17. Trijų dimensijų pasaulio vizualizavimas. [žiūrėta 2007-11-12]. Prieiga per internetą: www.kopustas.elen.ktu.lt/studentai/_media/informacijos_vizualizacija.doc?id=doktorantai&cache=cache;

18. Trimačio modelio naudojimas Rusijoje. [žiūrėta 2008-03-19]. Prieiga per internetą: www.rus.aga-cad.lt/default.asp?act=v&uniid=419&f1=39&f2=0;

19. Inžinerinių tinklų projektavimas. [žiūrėta 2008-02-13]. Prieiga per internetą; http://64.233.183.104/search?q=cache:Um2yv8ZQHdMJ:www.agacad.lt/default.asp%3Ff1%3D501%26f2%3D499+AutoCAD+Civil+3D&hl=ru&ct=clnk&cd=1&gl=lt&lr=lang_lt;

20. Požeminių komunikacijų trimačio modelio naudojimas Rusijoje. [žiūrėta 2008-04-18]. Prieiga per internetą: http://66.102.9.104/search?q=cache:7645f5Awud4J:www.navgeocom.ru/topo/projects/topography_new_urengoy/index.htm+3D+%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8&hl=lt&ct=clnk&cd=3&gl=lt&lr=lang_ru.

PRIEDAI

CIVILINĖS INŽINERIJOS SEKCIJA

1 posėdis 10.00 – 12.30 2507 a.

1. G. Paliulis. „Žalioji knyga“ ir miestų gyventojų mobilumas
2. O. Taraškevičienė. Mažųjų autobusų raida Vilniaus mieste
3. I. Dembskienė. Atliekų surinkimo Vilniaus mieste būklės analizė ir siūlymai jai gerinti
4. R. Gotautaitė. Ukmergės-Geležinio Vilko rekonstrukcijos įtaka susisiekimo kokybei
5. R. Jepeikin. Vilniaus m. gatvių tinklo pritaikymas žmonėms su negalia
6. E. Jušinska. Tiltų Vilniaus mieste eksploatacinių sąlygų analizė ir priemonės jų gerinimui.
7. M. Miškinis. Vilniaus m. laidojimo vietų būklės analizė
8. M. Mitkus, Vadovo vaidmuo kuriant valdymo kokybės politiką gatvių statybos įmonėje
9. M. Petrokas. Transportinio triukšmo žemėlapių sudarymas
10. J. Rimkuvienė. Gatvių apkrovimo dinamikos analizė
11. Gatvių tinklo rekonstrukcija ir tobulinimas Grigiškėse
12. I. Semionovas. Eismo reguliavimo ir valdymo sistemos Vilniuje
13. D. Vaitkeliūnas. Transportinių ekonominių rodiklių tyrimai
14. L. Žilionis. Šviesoforų poreikio Laisvės per. tyrimai

2 posėdis. 13.00 – 16.00

15. V.Aleksandravičiūtė. SPA plėtros kryptys Lietuvos miestuose
16. M. Benetytė. Elektrėnų inžinerinės ir susisiekimo infrastruktūros analizė
17. O. Daškevičienė. Neries regioninio parko viešojo turizmo infrastruktūra
18. K. Fursenkienė. Lauko reklamos išdėstymo analizė
19. A. Golšanskaitė. Neringos miesto susisiekimo sistemos plėtra
20. E. Kaliužnaja. Molėtų rajono rekreacinių teritorijų perspektyvinis naudojimas
21. E. Lašinskienė. Atskirų sklypų detaliųjų planų struktūros analizė
22. J. Laurinavičiūtė. Vilniaus m. gyvenamųjų kvartalų plėtra
23. A. Lynikas. Tauragės miesto ir rajono susisiekimo sistemos plėtra
24. M. Matkevičius. Stambių miestų vandentiekio įmonių analizė
25. V. Palevičius. Vilniaus m. automobilių stovėjimo vietų informacinės sistemos kūrimas
26. Ž. Paškauskaitė. Medienos pelenų surinkimas ir tvarkymas.
27. A. Permiakovas. Darbų saugos informacinės sistemos analizė
28. S. Plytnikaitė. Kelio ženklų informacinės sistemos kūrimas
29. D. Vilčinskaitė. Pasvalio rajono teritorijos vystymo erdvinė struktūra
30. A. Zabulis. Miestelių infrastruktūros plėtros alternatyvos.

Diskusijos

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA

RESPUBLIKINĖS MOKSLO KONFERENCIJOS

PROGRAMA

2007 M. SPALIO 26 D.

RESPUBLIKINĖS MOKSLO KONFERENCIJOS "CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA"

DIENOTVARKĖ

Mokslo komiteto pirmininkas

doc. dr. V. Č. Aksamitauskas

Mokslo komiteto sekretorius prof. dr. M. Burinskienė
Organizacinio komiteto pirmininkas – doc., dr. G. Paliulis

Sekretorius – doc., dr. A. Gasilionis

GEODEZIJOS SEKCIJA

1 posėdis 10.00 – 11.30 2709 a.

1. V. Č. Aksamitauskas. Geodezijos ir Kadastro katedrai – 85 metai.
2. A. A. Gliožaitis. Lietuvos valstybės sienos ir administracinis suskirstymas senuosiuose žemėlapiuose.
3. E. Paršeliūnas, R. Putrimas, P. Petroškevičius, B. Krikštaponis, J. Skeivalas, A. Zakarevičius, R. Obuchovski, P. Viskontas, A. Neseckas, R. Kolosovskis, E. Zigmantienė, E. Tumelienė, J. Stepanovienė. Lietuvos valstybinio vertikaliojo pirmosios klasės tinklo sudarymo rezultatai.
4. J. Zvirgzd. Realtime measurements in LatPOS network.
5. J. Skeivalas, R. Dargis. GPS virtualiųjų referencinių stočių eksperimentiniai modeliai.
6. A. Zakarevičius. E. Paršeliūnas, A. Stanionis. Geodezinių tinklų horizontaliųjų deformacijų sklaida Lietuvos, Latvijos ir Estijos regione.
7. D. Popovas. Dangaus kūnų poveikis sunkio laukui.
8. D. Rekus, V. Č. Aksamitauskas. Niveliavimo matuoklių tikslumo kalibravimas.
9. A. Liepinienė, A. Kuckailienė, J. Skeivalas. Jonosferos pokyčių GPS matavimuose koreliaciniai eksperimentiniai modeliai.

2 posėdis. 11.45 – 13.15

10. A. Anikėnienė, A. Zakarevičius. Dabartinių Žemės plutos judesių ir reljefo sąsajos.
11. K. Elmytė. Nustatomo pagal Saulę azimuto įvertinimas.
12. R. Birvydienė. Lazerinio skenavimo ypatumai.
13. N. Čaplinskaja, J. Skeivalas. Geodezinių prietaisų kampų matavimo sistemų analizė.
14. R. Buikus. Skaitmeninio nivelyro Na 3003 kompensatoriaus ir atskaitymo sistemos tyrimas.
15. D. Levinskaitė. Tektoninių svarbiausiųjų įtempių pokyčių nustatymas bei jų pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje.
16. Z. Grabovskaja. Susirgimų rizikos vertinimas Lietuvos regionuose, kuriant išplėstines kadastro informacines sistemas.
17. A. Vercinskaitė. Žemės sklypų ir valstybinės reikšmės miškų ribų analizė.
18. K. Dokudovič, A. Janavičius. GPS prietaisai naudojami pasėlių matavimams Nacionalinėse mokėjimo agentūrose.

3 posėdis. 13.45 – 15.15

19. I. Jonauskienė. A. Zakarevičius. Ištisinės kontrolės metodo taikymo galimybės žemės sklypų kadastro duomenų kokybei vertinti.
20. D. Syrnickaitė. Lokalaus kvazigeoido modelio tikslinimo tyrimas pagal išmatuotus normalinius ir elipsoidinius aukščius.
21. A. Antanaitytė. Skaitmeninio niveliavimo įtaka niveliavimo rezultatams.
22. J. Liutkus. GPS referencinių panaudojimo galimybės geodeziniuose matavimuose.
23. E. Gricevič. Žemės paėmimo visuomenės poreikiams teisinės bazės analizė.
24. Ž. Daugirdas. Globalinės pozicionavimo sistemos geoinformacinės sistemos tyrimas.
25. T. Makovskaja. Požeminių komunikacijų vizualizacija 3D duomenų modelyje.
26. V. Petkevičiūtė, R. Sejonaitė. Vertikaliojo tinklo tikslumo analizė.
27. E. Zigmantienė, E. Tumelienė. Nuotolinių GIS studijų Zalcburgo universitete rengimo ypatumai.

4 posėdis. 15.30 – 17.00

28. S. Demčiuk. Žemės sklypų plotų blokinė kontrolė.
29. J. Polūšina. GIS taikymas atliekant geodezinių matavimų duomenų tikslumo tyrimus.
30. J. Starodimovienė. Spalvotų ir nespalvotų ortofotonuotraukų skirtumai.
31. J. Andriešiūnas. GPS prietaisų kalibravimo tikslumo tyrimas.
32. B. Ruzgienė. E. Aleknienė, S. Gečytė. Nuotolinių tyrimų sistemų analizė.

Diskusijos