



Получена: 20.03.2019 г.

Приета: 29.07.2019 г.

СТРУКТУРА И СЪДЪРЖАНИЕ НА ЦИФРОВИЯ МОДЕЛ НА ТЕРИТОРИЯТА В СРЕДАТА НА AUTODESK CIVIL 3D

Д. Тонков¹, Н. Николова²

Ключови думи: Autodesk Civil 3D, цифров модел на територията, графична и атрибутна база данни, речник на данните

РЕЗЮМЕ

В статията се разглеждат въпросите, свързани със създаването и използването на цифровите модели на територията (ЦМТ) за целите на инвестиционното проектиране, устройственото планиране и кадастъра. Дадени са общи сведения за структурата и съдържанието на ЦМТ, източниците на данни, технологиите за създаването им и приложението им в инженерната практика. По-подробно се излагат въпросите за конкретната реализация на графичната и атрибутната база данни на ЦМТ в средата на Autodesk Civil 3D.

1. Същност и значение на цифровите модели на територията

В последните години методите за тримерно моделиране (3D моделиране) и визуализация в етапите на инвестиционното проектиране и строителството на сгради и инженерни съоръжения навлизат широко в практиката и превръщат използването на компютърните технологии в стандарт при проектирането и представянето на проектите и проектната документация. Създаването на цифров модел на територията е удобен и ефикасен метод за осъществяване на предвидените проектни и инженерни дейности в отделните етапи на инвестиционното проектиране, визуализацията на получените проектни решения, подготовянето на проектната документация и презентациите пред заинтересованите страни, засегнати от инвестиционните намерения.

¹ Димитър Тонков, доц. д-р инж., кат. „Приложна геодезия”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: tonkov_fgs@abv.bg

² Никол Николова, инж., кат. „Приложна геодезия”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: nikolowanikol@yahoo.com

Създаването и използването на цифрови модели на територията има също така изключително важно значение при решаването на редица задачи от областта на устройството на урбанизираните и неурбанизираните територии, изработването на кадастрални и тематични карти, архитектурата, инженерната геодезия и картографията.

Основните методи за създаване на цифрови модели на територията обхващат използването и обединяването (съвместяването) на данни от геодезически и фотограметрични измервания, от оцифрени графични планове и карти или от готови цифрови планове и карти. Технологиите, от които се получават суровите данни (raw data) при създаването на цифровите модели на територията, са следните:

- Полярна снимка и GNSS определения – използване на наземни геодезически и спътникови измервания;
- Фотограметрия и дистанционни изследвания – цифрови ортофотопланове, LiDAR (лазерно сканиране), сонарни и др. сензорни измервания;
- Сканиране на съществуващи графични материали – топографски карти, ортофотопланове, кадастрални планове, подробни устройствени планове и др.

Суровите данни (raw data) в съответствие с техния тип (векторни, растерни, матрични) се преобразуват в подходящ файлов формат, разбираем за съответната програмна система, в чиято среда се разработва моделът. След въвеждането на данните в определена програмна среда следва тяхната допълнителна обработка, в резултат на която се получава завършеният цифров модел.

Основният източник на графична и атрибутна информация при създаването на цифровите модели на територията е **кадастърът**, тъй като той е законово уреден и държавно администриран с повсеместен достъп и съдържа значителен обем пространствено определена информация. Съгласно Закона за кадастъра и имотния регистър (ЗКИР), кадастърът е съвкупност от основните данни за местоположението, границите и размерите на недвижимите имоти на територията на Република България, от данни за правото на собственост и други вещни права върху недвижимите имоти, от данни за държавните граници, границите на административно-териториалните единици, землищните граници и границите на територии с еднакво трайно предназначение и от данни за зони на ограничения върху поземлените имоти. С данните от кадастъра се създават кадастралната карта и кадастралните регистри, които служат за поддържане на имотен регистър, за изработване на устройствени планове и инвестиционни проекти, за създаване на специализирани карти и регистри и за други нормативно предвидени случаи. Съгласно ЗКИР се създава **информационна система на кадастъра**, чрез която Агенцията по геодезия, картография и кадастър и териториалните ѝ звена – Службите по геодезия, картография и кадастър осъществяват връзка с други информационни системи на централната и териториалната администрация, съхраняват и поддържат в актуален вид одобрените кадастрални и специализирани карти и регистри и предоставят данни при извършване на заявени услуги.

Съгласно чл. 12, т. 5 от ЗКИР Агенцията по геодезия, картография и кадастър разработва **формат на записа на цифровите карти и регистрите и на документи и данни към тях**, който се одобрява от министъра на регионалното развитие и благоустройство. Този формат е регламентиран в Наредба № РД 02-20-5 от 15 декември 2016 г. за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри, издадена от МРРБ [2].

Данните за кадастралните карти и кадастралните регистри, предложенията за отстраняване на несъответствията в границите на имотите в контактните зони, проектите за изменение на кадастралната карта и кадастралните регистри, проектите с данни за зо-

ните на ограничения и т.н. се представят в цифров вид в текстови (ASCII) файлове с формат на записите съгласно цитираната по-горе Наредба. Това са т.нар. «CAD-файлове», които намират широко приложение при обмяната на кадастрални данни за решаване на конкретни инженерни задачи, при предоставяне на данни за изработване на проекти за устройствено планиране на определени територии и др.

2. Общи сведения за структурата и съдържанието на цифровите модели на територията

Цифровият модел на определена територия съдържа следните основни елементи:

➤ **База данни** на цифровия модел на територията – съдържа графична и атрибутна (семантична) информация за обектите от модела. Графичната информация определя пространственото разположение, геометричната форма и размерите на обекти и представя геометричния модел на данните. Понякога се нарича „графична база данни“ на ЦМТ. Семантичната информация задава количествени и качествени атрибутни характеристики на представените обекти, надморски височини и дълбочини, както и други необходими данни в зависимост от предназначението на изработвания цифров модел и понякога се нарича «атрибутна база данни». Необходимо е всички данни да бъдат пространствено определени и обвързани в единна координатна система.

➤ **Приложна програма** – представлява набор от процедури и функции за създаване, съхранение и поддържане на базата данни на ЦМТ, обмен на информация с други бази данни, управление на базата данни с цел осигуряване на пълнотата и необходимото качество на данните, осигуряване на информация за данните по отношение на тяхната актуалност, точност, секретност, ограничения при разпространението им, а също така и въвеждане, премахване и редактиране на данните. Освен това към функциите на приложната програма спада и визуализацията на атрибутната информация за обектите от цифровия модел, тъй като тази дейност не е свойствена за графичната система, както и използването на цифровия модел за решаване на определени инженерни и други задачи. Основните дейности на приложната програма могат да бъдат класифицирани по следния начин съгласно [1]:

❖ **Моделиране** – приложната програма в крайна сметка следва да изпълни конкретни задачи, свързани със спецификата на областта, за която се създава ЦМТ (геодезия, кадастър, устройствено планиране, архитектура, строителство и т.н.). За целта е необходимо да бъде създаден някакъв първоначален модел на данните, който да бъде описан в определен формат. Могат да бъдат създадени най-различни такива модели, но по същество те трябва да описват геометричната форма, пространственото разположение и атрибутните характеристики на обектите, които се моделират. Моделът е напълно независим от графичната система, чиито функции, както е описано по-долу, се свеждат основно до визуализация и редактиране на графичната информация от базата данни на цифровия модел. Следва изрично да се подчертае, че създаването на модела на данните не е задължително да бъде извършено от приложната програма – той може да бъде предварително създаден чрез използване на други програмни средства. Примери за такива модели са CAD-файловете; предварително създаден от потребителя текстови файл с резултати от геодезически измервания, прехвърлени в компютъра от тотална станция или въведени чрез текстови редактор; модел на данните, създаден с друга програмна система, напр. ArcGIS и т.н.

❖ **Описание на модела за графичната система** – за да могат да се използват възможностите на графичната система за визуализация и редактиране на графичната

информация, е необходимо описанието на данните в модела да бъде приведено в съответствие с особеностите на самата графична система. Следователно може да се направи изводът, че моделът е информацията, която се въвежда за обектите, а описанието на модела за графичната система е **интерпретацията на тази информация за създаване на базата данни** на ЦМТ. В резултат на тази дейност на приложната програма се създава **геометричният модел** и се зарежда атрибутната информация в базата данни на цифровия модел. Създаденият геометричен модел е пряко достъпен за графичната система, т.е. не се налага нова интерпретация на графичната информация, записана в него при предаването ѝ към графичната система.

❖ **Интерактивна работа** – тази дейност на приложната програма включва основно визуализацията на графична и атрибутна информация, редакционните операции върху базата данни (вмъкване, добавяне, премахване и промяна на графични и атрибутни данни), както и всички функции, свързани с използването на създадения цифров модел на територията за решаване на конкретни инженерни и други задачи. Към интерактивната работа могат да бъдат причислени и поддържането и управлението на базата данни и обменът на информация с други бази данни. Обикновено приложната програма е организирана като набор от отделни програмни модули, всеки един от които се активира и изпълнява определена функция след избиране на команда от потребителя. Най-често изборът на команда се изпълнява чрез натискане на бутон или избор на елемент от меню, т.е. тези програмни модули се явяват методи на визуални компоненти (бутони, елементи на менюта и др.), за всеки един от които е назначено изпълнението на определена функция. Част от описаните операции при интерактивната работа, свързани най-вече с визуализацията и редактирането на графичните данни, се изпълняват от графичната система по подадена заявка от приложната програма. Взаимодействието между приложната програма и графичната система се извършва чрез графичен вход и графичен изход, като взаимодействието протича по цикличната схема „**избор на команда – изпълнение чрез активиране на съответния програмен модул – предоставяне на възможност за избор на нова команда**“. Това взаимодействие между използващия приложната програма потребител и графичната система, реализирано със средствата на графичния вход и изход, представлява т.нар. **графичен диалог**.

➤ **Графична система** – предоставя набор от средства за визуализация и редактиране на графичната информация от геометричния модел, а също така обслужва графичния вход и графичния изход при интерактивната работа. Тя е сравнително независима от предназначението на създавания цифров модел – една и съща графична система може да се прилага при създаване на цифров модел на територията, на машинен детайл, на електронна платка и т.н. Пример за най-простата графична система е библиотека от процедури, които могат да се създадат чрез програмиране на езици на високо ниво като ФОРТРАН, Паскал, С++ за визуализиране на прости геометрични обекти като отсечки, дъги, символи и др. Освен визуализацията и редактирането на графичната информация от геометричния модел графичната система решава още следните задачи съгласно [1]:

❖ Растеризиране на графичните примитиви (отсечки, дъги, окръжности, елипси и символи);

❖ Изглаждане на растеризацията, удебеляване и запълване на примитиви, запълване на области и използване на типове линии;

❖ Предоставяне на приложната програма на възможност за работа в координатната система на създадения цифров модел;

❖ Визуализация само на тази част от геометричния модел, която в определен момент е необходима за работата на приложната програма (която част от модела е указана да бъде визуализирана);

- ❖ Еднотипно определяне на положението на видимата част от геометричния модел върху всички налични изходни графични устройства;
- ❖ Предоставяне на еднотипни функции за визуализиране на основните графични примитиви независимо от вида на конкретното изходно графично устройство;
- ❖ Предоставяне на еднотипни функции за установяване на визуалните атрибути на изобразяваните графични примитиви – цвят, тип на линията, дебелина на линията, шаблон за запълване и т.н.



Фиг. 1

На фиг. 1 е показана концептуална схема на ЦМТ.

2.1. Графична база данни на ЦМТ

Векторните данни представят съдържанието на графичната информация в ЦМТ посредством **физически (географски) обекти**, дефинирани с тяхната геометрична форма, пространствено разположение и размери в координатната система на цифровия модел. Геометричната форма, пространственото разположение и размерите на обектите се определят от техните граници, които могат да бъдат реално съществуващи, т.е. материализирани върху земната повърхност, над или под нея, напр. граница на поземлен имот, сграда, шосе и т.н., или абстрактни, напр. ареалът за разпространение на даден животински вид. Обектите се класифицират като точкови, линейни, площни и комплексни (съставени от други точкови, линейни, площни или комплексни обекти).

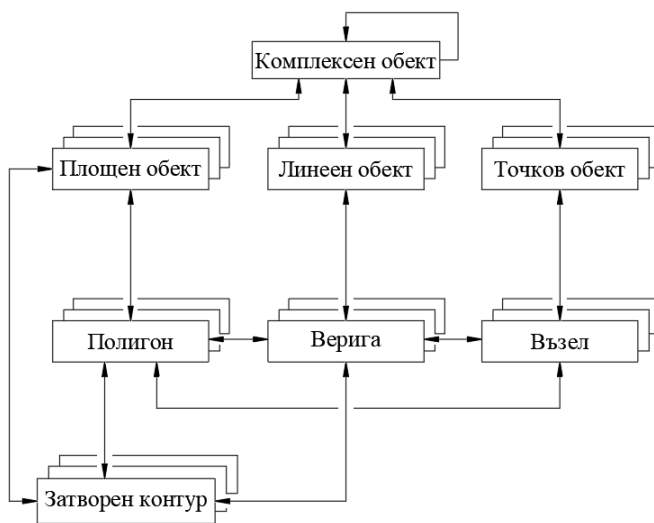
В ЦМТ физическите обекти се представят чрез **топологични елементи** (наричат се още **геометрични примитиви** или **графични примитиви**). Топологичните елементи, подобно на обектите, също имат точков, линеен или площен характер и могат да се класифицират като **възли**, **вериги** и **полигони**. Те съдържат позиционни характеристики, определящи еднозначно тяхната геометрична форма, пространствено разположение и размери в координатната система на цифровия модел. Между отделните топологични елементи съществуват връзки и отношения, дефинирани по силата на определени правила и участващи при формирането на топологията на цифровия модел. От друга страна, такива връзки и отношения съществуват между топологичните елементи и представяните чрез тях физически обекти и именно чрез представянето на обектите посредством топологичните елементи се определят еднозначно геометричната форма, пространственото разположение и размерите на самите обекти от цифровия модел. Освен топологичните елементи в модела могат да участват и топологични конструкции **затворен контур** – съвкупност от последователно свързани вериги, като последната точка на крайната верига съвпада с първата на началната верига.

В съответствие с казаното могат да се изброят осем типа елементи, участващи в цифровия модел на територията:

- **Обекти** – точкови, линейни, площни и комплексни;
- **Топологични елементи** – възли, вериги и повърхнини;
- **Топологични конструкции** затворен контур.

Към тези елементи, определящи съдържанието на векторните данни, следва да се добави и **псевдографичният примитив текст** – символен низ с определено разположение в цифровия модел, използван за представяне на един или повече текстови обекти (те не са физически обекти). Нарича се «псевдографичен», защото не е топологичен елемент и не участва при формирането на топологията на цифровия модел. Притежава атрибутни характеристики шрифт, цвят и размер.

На фиг. 2 е показана схема на връзките между топологичните елементи и физическите обекти от ЦМТ.



Фиг. 2

2.2. Съдържание на атрибутната база данни

Атрибутната база данни съдържа буквено-цифрови данни, чрез които се задават определени характеристики на обектите от модела и които са обвързани с топологичните елементи, представящи тези обекти. Когато един или няколко топологични елемента се свържат с определен набор от атрибутни данни, получава се графичен обект от модела. Атрибутните данни могат да се класифицират по следния начин:

➤ **Подразбиращи се (служебни) атрибути** (от англ. **implicit** – подразбиращ се, косвен) – използват се за описание на «служебни» характеристики на обектите, напр. координати на вътрешна (геореферентна) точка за обекта, координати на долния ляв и горния десен ъгъл на ограждащия правоъгълник, дата на регистрация и дата на отрегистрация на обекта, точност, пълнота на данните, актуалност, секретност, условия за разпространение и обмен и т.н. Такива атрибути могат да бъдат зададени и на топологичните елементи. Подразбиращите се атрибути се явяват **задължителни** компоненти на информацията за обектите или топологичните елементи, поради което в запис на съответния обект или топологичен елемент за тях се заделят конкретни, точно определе-

ни полета. Задаването им става само по стойност – знае се, че конкретно поле е предназначено да съхранява стойността на точно определен подразбиращ се атрибут с точно определен формат на неговите възможни стойности.

➤ **Подробни (изрични) атрибути** (от англ. **explicit** – подробен, изричен) – използват се за описание на специфични характеристики на обектите и се явяват **незадължителни** компоненти на информацията за тези обекти. В релационната база данни обектите се представят чрез т.нар. «обектни таблици». Всеки обект притежава набор от подробни атрибути, които трябва да бъдат описани в съответните релационни таблици чрез дефиниране на определени полета за тях. Но подробните атрибути на различните обекти са различни дори и в рамките на отделен тип обекти (точкови, линейни, площни или комплексни) и това довежда до затруднение при дефинирането на полетата в таблиците, които съдържат техните стойности. Поради тази причина е целесъобразно да се въведе понятието «**обектен клас**».

Обектният клас съдържа група обекти от определен тип (точкови, линейни, площни или комплексни), които притежават един и същ набор атрибути и следователно могат да бъдат описани в една и съща обектна таблица с полета, дефинирани съгласно общите за класа атрибути. Всеки тип обекти (точкови, линейни, площни или комплексни) се подразделя на отделни обектни класове. Всеки обектен клас се представя от отделна обектна таблица и може да бъде обособен в отделен слой. Като пример за обектен клас може да се посочи клас геодезически точки, клас пътища от републиканската пътна мрежа, клас поземлени имоти, клас горски подотдели и т.н.

3. Структура и съдържание на базата данни на ЦМТ в средата на Civil 3D

3.1. Организация на информацията в базата данни на ЦМТ

При цифровия модел на територията, изграден в средата на Autodesk Civil 3D по принцип не е необходимо графичната информация да бъде строго структурирана по слоеве съгласно своя тип, т.е. не е необходимо да се създават само точкови, само линейни или само полигонови слоеве, както е например при софтуерните продукти на ESRI. Даден слой може да съдържа произволна комбинация от точкови, линейни, полигонови и др. видове обекти. Независимо от това, при разработването на софтуер за създаване на цифров модел в средата на Civil 3D е целесъобразно да се възприеме подходът за създаване на слоеве, съдържащи еднотипна информация – само точкови, само линейни или само полигонови обекти. Съображенията в полза на този подход са по-доброто структуриране на обектите по слоеве, което предполага по-висока ефективност на обработката при разработването на софтуер за търсене, добавяне, изтриване, редактиране и т.н.

Създаването на базата данни на ЦМТ и организацията на информацията в средата на Civil 3D следва да се извърши автоматизирано, чрез разработване на подходящ софтуер (приложна програма), която да извърши описанието на първоначално създадения модел за използваната графична система. Приложната програма може да бъде разработена в избрана от потребителя програмна среда, напр. Visual Lisp или Visual Studio. При дадените по-нататък сведения се предполага, че всички дейности по създаването на базата данни и структурирането на информацията в средата на Civil 3D се извършват от приложната програма.

3.2. Представяне на геодезическите точки в ЦМТ

Представянето на точковите примитиви в средата на Civil 3D се извършва чрез обекти (в смисъла на обектно-ориентираното програмиране) от клас «**COGO Point**», които се задават с трите си координати X (Northing), Y (Easting) и Z (Elevation) в определена координатна и височинна система. Всяка въведена «**COGO**» точка се свързва с набор допълнителни характеристики (атрибути), при което се получава точков обект от модела. Този подход се прилага при представянето на геодезическите точки, т.е. точките от геодезическата мрежа (триангулационни, полигонови, осови и др.) и подробните точки, заснети при геодезическата снимка. Останалите точкови обекти, които се изобразяват в модела с немасштабни условни знаци (кладенци, чешми, улични лампи, шахти, хидранти и т.н.) се представят като символи.

Въведените в средата на Civil 3D геодезически точки се обособяват в две точкови групи (**Point Groups**), които се създават предварително – точки от геодезическата мрежа и подробни точки. Целесъобразно е имената на създадените точкови групи да показват обекта, за който се отнасят и информационната група, към която принадлежат (напр. геодезически точки от кадастралните данни, от лесоустройството, от регулацията и т.н.). Имената на точковите групи могат да бъдат формирани по следния шаблон – «xxxxx_yyy_Point_Mreja» за точковата група, съдържаща точките от геодезическата мрежа и «xxxxx_yyy_Point_Podrobni» за точковата група, съдържаща подробните точки, където «xxxxx» е петцифрен код на обекта, за който се отнася цифровият модел, съгласно действащия «Класификатор на административно-териториалните и териториалните единици» (ЕКАТТЕ), а «yyy» показва принадлежността на геодезическите точки от съответната точкова група към определен тип данни, напр. «CAD» – кадастрални данни, «LES» – лесоустройствена карта или проект, «REG» – точки от план за регулация, «POC» – точки от описанието на почвени категории.

За да бъдат причислени отделните геодезически точки към съответната точкова група, в стандартно дефинирания за системата набор описателни ключове «Civil 3D» се създават два нови описателни ключа (**Description Keys**) с имена «xxxxx_MR*» за точките от геодезическата мрежа и «xxxxx_PO*» за подробните точки, където «xxxxx» има указаното по-горе значение. На създадените описателни ключове се присвояват определени характеристики – име на слой (**Layer**), точков стил (**Style**), стил на етикетите на точките (**Point Label Style**) и формат (**Format**) за описанието (**Raw Description**) на въвежданите точки. На създадените точкови групи се назначават съответните описателни ключове – на точковата група «xxxxx_yyy_Point_Mreja» се назначава описателният ключ «xxxxx_MR*» и на точковата група «xxxxx_yyy_Point_Podrobni» – описателният ключ «xxxxx_PO*».

Въведените в средата на Civil 3D точкови обекти (геодезически точки) освен по точкови групи следва да бъдат разпределени и по слоеве. За целта се създават два слоя, чиито имена са еднакви с имената на съответстващите им точкови групи – слой «xxxxx_yyy_Point_Mreja» за точките от геодезическата мрежа и слой «xxxxx_yyy_Point_Podrobni» за подробните точки.

Атрибутните данни за въведените точкови обекти се записват в тяхната обектна таблица. За целта обектната таблица трябва да се разшири с допълнителни полета в съответствие със съдържанието на въвежданите атрибутни данни. Съдържанието на атрибутните данни за представяните точкови обекти (геодезически точки) се определя от първоначалното описание на модела (от съдържанието на текстовия файл или CAD-файла) и зависи от източника на данните. Целесъобразно е съдържанието на атрибутните данни да съответства на един първоначален модел, описан в [2] – номер на геодезическата точка, тип, клас по положение, m_x , m_y , клас по височина, m_h , код за начин на стаби-

лизиране, код за начин на сигнализиране, номер на знак, код за подземен център, стар номер, дата на регистрация, дата на прекратяване на регистрацията. Тези атрибути данни представляват подробни (изрични) атрибути на обектния клас «геодезически точки».

За всяка от описаните атрибути характеристики трябва да се добави по едно поле в обектната таблица на точковите обекти. Добавянето на отделно поле в обектната таблица на въведените «**COGO**» точки всъщност представлява създаване на потребителско свойство (**User-Defined Property**), което се извършва, както и всички описани по-горе дейности, от приложната програма.

Следва четене на данните за геодезическите точки от текстови файл с определен формат на записите или от CAD-файл и зареждането им в информационни масиви. Данните за всяка геодезическа точка съдържат графична и семантична информация, като с помощта на графичната информация (X – Northing, Y – Easting и Z – Elevation) и със средствата на програмната среда, в която е разработена приложната програма се създава точков геометричен примитив (възел) от клас «**COGO Point**». В обектната таблица за въведените точкови обекти (геодезически точки) автоматично се добавя нов запис, в който служебно се запълват полетата с геометричните характеристики на създадения възел – трите координати X, Y и H.

Създаденият точков примитив трябва да се обвърже със съответстващата атрибутична информация, за да се създаде точков обект (триангулация, полигонова, осова, подробна точка и т.н.) в средата на Civil 3D. Това става като в полетата на обектната таблица, създадени при дефинирането на потребителските свойства, се записват съответните подробни атрибути характеристики. На фиг. 3 е показана част от обектната таблица на въведени в средата на Civil 3D геодезически точки.

Type	Kp	Mx	My	Kh	Mh	mst	msg	sgn	cen	ono	bd	ed
2	7	31.0	12.0	4	25.0	1	2	0	1	0	12.07.1995	0
2	6	30.0	18.0	4	22.0	1	2	0	1	0	15.08.2003	0
28	8	15.0	12.0	5	18.0	0	0	0	0	0	0	0

Фиг. 3

В полето «Type» на обектната таблица на въведените геодезически точки се записва код за типа на точката. Съгласно казаното по-горе, целесъобразно е типът на геодезическите точки да съответства на стойностите (кодовете) в т. 1 «Класификатор на условните знаци», подточка 1.1 «Геодезическа и снимачна основа» в приложение №1 на [2]. За показаната на фиг. 3 част от обектната таблица на въведените геодезически точки код 2 в най-лявото поле съгласно указания класификатор означава «Триангулация точка на терена». С код 23 се обозначават теренните точки, а с код 28 – подробните точки, което е една недомислица в цитирания нормативен документ [2] на МРРБ, тъй като теренните точки всъщност са подробни точки и нито едните (теренните), нито другите (подробните) точки не трябва да се причисляват към геодезическата и снимачната основа (т. 1.1 на приложение № 1), още повече, че снимачната основа всъщност е част от геодезическата основа.



Point Number	Easting	Northing	Point Eleva...	Name	Raw Description	Full Description
1	8690494.9010m	4656896.6480m	650.770m	1	68823_MR Триангулация точка на терена	Триангулация точка на терена
8	8690612.1200m	4655957.8300m	662.214m	8	68823_MR Триангулация точка на терена	Триангулация точка на терена
71	8686610.4100m	4659032.1410m	599.590m	71	68823_PO Подробна точка	Подробна точка

Фиг. 4

В характеристиката «**Raw Description**» на обектната таблица за всяка въведена геодезическа точка в зависимост от нейния тип се записва една композирана стойност на описателния ключ, която се получава от сливането (конкатенацията) на името на описателния ключ («xxxxx_PO» за точки с тип 23 или 28 и «xxxxx_MR» за всички останали точки) и описанието на точката съгласно нейния тип. Например за показаните на фиг. 3 записи на точки с тип 2 в полето «**Raw Description**» се записва стрингова стойност «xxxxx_MR Триангулачна точка на терена», както е показано на фиг. 4. За записа на последната точка от фиг. 3 с тип 28 в полето «**Raw Description**» се задава стрингова стойност «xxxxx_PO Подробна точка». Когато се издаде команда за прилагане на описателните ключове (команда «**Apply Description Keys**»), въведеното за всяка геодезическа точка описание в полето «**Raw Description**» се декомпозира с разделител интервал (шпация) на отделни стрингови стойности съгласно зададения формат в полето «**Description Format**» на обектната таблица. Първата стрингова стойност се интерпретира от Civil 3D като име на описателния ключ, който се свързва с точковия обект и в зависимост от това име геодезическата точка се причислява към съответната точкова група, на която е назначен същият описателен ключ. Освен това на точковия обект се назначава стил за изобразяване на маркера (**Point Style**), стил за изобразяване на етикетите (**Point Label Style**) и слой съгласно зададените параметри за описателния ключ. Останалите стрингови стойности се записват в полето «**Full Description**» на точковия обект, както е показано на фиг. 4.

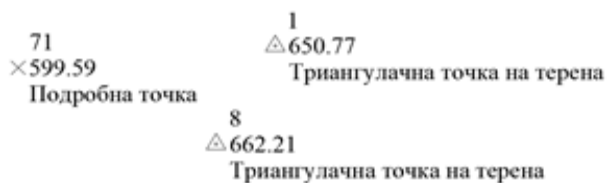
Първите два точкови обекта, чиито записи в обектната таблица са показани на фиг. 3 и фиг. 4 са с тип 2 – триангулачна точка на терена. В полето «**Raw Description**» на записите за тези точки при въвеждането на данните за тях се записва описание «68823_MR Триангулачна точка на терена». След прилагането на описателните ключове (команда «**Apply Description Keys**») описанието се декомпозира с разделител интервал (шпация) на отделни стрингови стойности, като първата от тях е «68823_MR» и представлява името на описателния ключ, който се свързва с тези два точкови обекта и те се причисляват към предварително създадената точкова група «68823_CAD_Point_Mreja», на която е назначен същият описателен ключ. Останалите стрингови стойности от описанието «**Raw Description**» се записват като един цял стринг в полето «**Full Description**» на записите на двата точкови обекта.

На същите обекти автоматично се назначават допълнителни характеристики съгласно показаните на фиг. 5 параметри на използвания описателен ключ – точков стил «STA» (стил за изобразяване на маркера – триъгълник с точка в средата, т.е. условен знак за триангулачна точка), стил за визуализация на етикетите «Point#-Elevation-Description» (визуализират се номерът на геодезическата точка, надморската височина и описанието «**Full Description**»), слой «68823_CAD_Point_Mreja».

Code	Style	Point Label Style	Format	Layer
 68823_MR*	<input checked="" type="checkbox"/> STA	<input checked="" type="checkbox"/> Point#-Elevation-Description	\$1 \$2 \$3 \$4 \$5 \$6 \$7 \$8 \$9	<input checked="" type="checkbox"/> 68823_CAD_Point_Mreja
 68823_PO*	<input checked="" type="checkbox"/> Basic	<input checked="" type="checkbox"/> Point#-Elevation-Description	\$1 \$2 \$3 \$4 \$5 \$6 \$7 \$8 \$9	<input checked="" type="checkbox"/> 68823_CAD_Point_Podrobni

Фиг. 5

По същия начин се процедира и с третия запис на точков обект, части от който са показани на фиг. 3 и фиг. 4 и който се отнася за подробна точка.



Фиг. 6

На фиг. 6 е показана визуализацията на трите геодезически точки.

3.3. Представяне на линейните обекти в ЦМТ

Представянето на линейните примитиви в средата на Civil 3D се извършва чрез обекти (в смисъла на обектно-ориентираното програмиране) от клас **«Polyline»**, които се задават с координатите X (Northing), Y (Easting) и Z (надморска височина) на поредица от върхове (вертекси) в определена координатна и височинна система. Всяка въведена полилиния се свързва с набор допълнителни характеристики (атрибути), при което се получава линеен обект от модела.

Обвързването на въведените линейни геометрични примитиви (полилинии) с прилежащите им атрибути данни се извършва като наборът атрибути за всяка полилиния се записва като «разширени данни» («**XData**» – Extended Entity Data) за същата. В средата на Visual Lisp това се извършва като се създават два масива от тип «safearray» (безопасен масив). В първия от тях се записват типовете на атрибутните характеристики (целочислена стойност, реално число, стринг и т.н.), а във втория – техните конкретни буквено-цифрови стойности. След това тези масиви се «присвояват» на обекта от клас **«Polyline»**, като се използва методът **«SetXData»** на този обект. Извличането на атрибутните данни за съответния обект става като се използва методът **«GetXData»**.

Съдържанието на набора атрибути данни за линейните обекти се определя от първоначалния модел. Ако се въведат данни от CAD-файл, атрибутните данни за линейните обекти, получени от тяхното описание съгласно [2], са: номер на линията, тип на линията, тип на линията като граница (0 – не е граница; 1 – граница на сграда; 2 – граница на поземлен имот, подотдел, УПИ, почвена категория; 3 – граница на кадастрален район, квартал, отдел; 4 – землищна граница), дата на регистрацията на обекта, дата на прекратяване на регистрацията, надморска височина на линията (за хоризонтални).

Въведените в средата на Civil 3D линейни обекти се разпределят по слоеве. За целта при наличие на съответния тип информация в първоначалния модел се създават следните слоеве:

- За кадастрални данни – слой `xxxxx_CAD_Line`, съдържащ ситуационни линии (границы, огради, електропроводи, водопреносна мрежа, канализация и т.н.) и слой `xxxxx_CAD_Relief`, съдържащ линии, описващи релефа (хоризонтални, бергшрихи, обриви, слокове и т.н.), където `xxxxx` е код на обекта съгласно ЕКАТТЕ;

- За лесоустройството – слой `xxxxx_LES_Line` с линии от лесоустройствените карти и проекти;

- За регулацията – слой `xxxxx_REG_Line` с линии от плановете за регулация;

- За почвените категории – слой `xxxxx_POC_Line` с граници на почвени категории;

- За схемите на етажната собственост – слой `xxxxx_SHE_Line` с граници на самостоятелни обекти в сгради.

Обособяването на линейните обекти в съответните информационни групи (данни за кадастър, данни за лесоустройство, за регулация и т.н.) се извършва по определен признак, който трябва да фигурира в първоначалния модел. Например ако се въвеждат данни от CAD-файл, този признак е принадлежността на описанието на линията към даден графичен блок (LAYER CADASTER, LAYER LESO, LAYER REGPLAN и т.н.). Кадастралните данни допълнително се обособяват в два отделни слоя съгласно зададена атрибутна характеристика «Тип на линията» в описанието на тази линия. Ако типът на линията е 153, 154, 155, 156, 157, 158 или 159 съгласно т. 1.2 от приложение № 1 на [2], съответната линия се причислява към слой xxxxx_CAD_Relief, в противен случай линията се причислява към слой xxxxx_CAD_Line. Всички останали линии, принадлежащи към лесоустройството, регулацията и т.н. се причисляват към описаните по-горе слоеве.

3.4. Представяне на площните обекти в ЦМТ

Представянето на площните обекти в средата на Civil 3D се извършва с обекти от клас «**Region**». Програмното генериране на регионите се извършва, като със средствата на приложната програма, разработена в определена софтуерна среда, от първоначалния модел се генерират затворени контури – поредица от линии, при които крайната точка на всяка предишна линия съвпада с началната точка на следващата линия, а крайната точка на последната линия съвпада с началната точка на първата линия. За всеки площен геометричен примитив съгласно описанието на данните в първоначалния модел се генерират един или няколко външни (обхващащи) контури и един или няколко вътрешни контури (острови). От тези контури се формира самият примитив, като се отчита вложеността на контурите и се изгражда локална топология.

Площните геометрични примитиви трябва да бъдат обвързани с набор от атрибутни данни, които се определят от първоначалния модел и по смисъла на изложението в т. 2.2 се класифицират като служебни и подробни атрибути. Ако се въвеждат данни от CAD-файл, атрибутните характеристики на площните обекти са:

- Служебни атрибути – номер, тип, дата на регистрация на обекта, дата на прекратяване на регистрацията, координати X и Y на вътрешна (геореферентна) точка;
- Подробни атрибути – зависят от типа на обекта. За обекти от тип землище, кадастрален район, квартал, отдел няма такива. За поземлените имоти те са вид територия, вид собственост, начин на трайно ползване, код на местност, адрес на имота и т.н. За подотделите тези атрибути са: означение на държавно лесничество, номер на отдел, номер на подотдел, вид територия, вид гора, вид подотдел и т.н. За площните обекти от регулацията и почвените категории тези атрибути са други. Всички те са регламентирани в съответните таблици на [2].

Обвързването на въведените площни геометрични примитиви (региони) с прилежащите им атрибутни данни се извършва, като наборът атрибути за всеки регион се записва като «разширени данни» («**XData**» – Extended Entity Data) за същия. В средата на Visual Lisp това се извършва, като се създават два масива от тип «safearray» (безопасен масив). В първия от тях се записват типовете на атрибутните характеристики (целочислена стойност, реално число, стринг и т.н.), а във втория – техните конкретни буквено-цифрови стойности. След това тези масиви се «присвояват» на обекта от клас «**Region**», като се използва методът «**SetXData**» на този обект. Извличането на атрибутните данни за съответния обект става, като се използва методът «**GetXData**».

При въвеждането на данни от CAD-файл изброените по-горе служебни атрибути на даден площен обект фигурират в заглавния запис на неговото описание от съответния графичен блок. Подробните атрибути са записани в отделни таблици от семантичния блок на CAD-файла, както следва:

- За поземлените имоти от кадастралната карта – в таблица «POZEMLIMOTI»;
- За сградите – в таблица «SGRADI»;
- За подотделите от лесоустройството – в таблица «PODOTDELI»;
- За урегулираните поземлени имоти – в таблицата «REGCONTURI»;
- За контурите, описващи почвени категории – таблица «KATEGORIA».

Наборът атрибутни характеристики, които се записват в разширените данни («**XData**») на всеки площен обект (регион) от модела се формира от служебните атрибути, прочетени от заглавния запис на този регион в графичния блок на CAD-файла и от подробните атрибути, прочетени от някоя от посочените по-горе таблици от семантичния блок в зависимост от типа на площния обект (поземлен имот, сграда и т.н.). Изброевите таблици съдържат само част от подробните атрибути на площните обекти и тези атрибути се записват заедно със служебните атрибути в разширените данни («**XData**») на съответния регион.

Останалата част от атрибутните данни е записана в **допълнителни таблици** от семантичния блок, напр. таблица «PRAVA» с описание на вещните права, таблица «PERSONS» с носителите на вещни права, таблица «DOCS» с документи за собственост и други вещни права и т.н. След прочитането им от CAD-файла и въвеждането им в средата на Civil 3D те се представят като релационни таблици в базата данни на ЦМТ, които са свързани с площните обекти или с други релационни таблици посредством ключови полета – идентификатор на площен обект, ЕГН/БУЛСТАТ на собственик, код на адрес, код на местност и т.н.

Въвеждането на атрибутните данни от допълнителните таблици на семантичния блок на CAD-файла и представянето им като релационни таблици в средата на Civil 3D се изпълнява от приложната програма, която извършва описание на първоначалния модел (CAD-файла) за графичната система. В софтуерната среда на Visual Lisp и на Civil 3D това става, като се създават т.нар. «**речници**» («**dictionaries**»), които всъщност са въпросните релационни таблици с атрибутни данни. Речниците представляват структури данни, които са въведени и се използват в AutoCAD R13 и по-късните версии на продуктите на Autodesk. Те се състоят от определен брой записи (обекти от клас «**XRecord**»), всеки от които се зарежда с подробните атрибути на определен площен обект (регион). За всяка от таблиците от семантичния блок на CAD-файла, с изключение на таблиците «POZEMLIMOTI», «SGRADI», «PODOTDELI», «REGCONTURI» и «KATEGORIA», се създава по един речник, който не е пряко свързан с конкретен площен обект, а се разполага в колекцията «**Dictionaries**» на активния документ на Civil 3D.

Първоначално се създава празен запис от клас «**XRecord**» за съответния речник, като се прилага неговият метод «**AddXRecord**». При прилагането на този метод се указва един параметър – **ключова стойност**, по която ще се търси същият запис в речника. По правило тази ключова стойност се съдържа в първото поле (с индекс 0) на съответната таблица от семантичния блок на CAD-файла, и тази таблица се въвежда като речник в средата на Civil 3D. Например за данните от таблицата «PRAVA» от семантичния блок ключовата стойност за всеки запис в речника е идентификаторът на площния обект, за данните от таблицата «DOCS» ключовата стойност е код на документа, за данните от таблицата «PERSONS» ключовата стойност е ЕГН/БУЛСТАТ на собственика и т.н.

Зареждането на подробните атрибутни данни в записите на речника се извършва по същия начин, както и при разширените данни («**XData**») на регионите – създават се два безопасни масива, в първия масив се записват типовете на атрибутите, а във втория – конкретните буквено-цифрови стойности, двата масива се присвояват на обект от клас «**XRecord**», т.е. на самия запис, като се използва неговият метод «**SetXRecordsData**». Накрая записът, в който вече е заредена атрибуtnата информация, се добавя към съот-

ветния речник, като се прилага неговият метод «**AddXRecord**». Търсенето на определен запис от речника се извършва по ключовата стойност на същия.

Описаният начин на структуриране на атрибутните данни за площните обекти от модела е в пряка връзка с алгоритмите, реализирани в приложната програма за извеждане (визуализация) на тези данни при изпълнението на различни заявки от потребителите. Една част от атрибутната информация, записана в разширените данни («**XData**») на площните обекти (регионите) представлява кодови стойности за връзка със създадените речници. Например в полето с индекс 13 (индексите започват от 0) при разширените данни за определен поземлен имот фигурира код за адрес. Действителните атрибутни данни за адреса на този поземлен имот (пощенски код, улица, номер, подномер, блок, вход, дата на регистрация и дата на прекратяване на регистрацията) се получават от съответния речник за адресите, като в него се търси запис с ключова стойност, равна на кода на адреса от разширените данни («**XData**» – полето с индекс 13) на поземления имот. В полето с индекс 11 на разширените данни за същия поземлен имот фигурира код за местност. Действителното име на местността се получава от речника за местностите, като в него се търси запис с ключова стойност, равна на кода на местността от разширените данни на поземления имот.

За извеждането (визуализацията) на атрибутната информация за площните обекти в средата на Civil 3D се създават допълнителни структури данни, наречени «**класификатори**». Класификаторите представляват кодови таблици, в които всеки запис съдържа две стойности (полета) – код и описание на атрибута. Те са регламентирани в [2], напр. класификатори за вид собственост, вид територия, начин на трайно ползване и др. при поземлени имоти; класификатори за конструкция, за функционално предназначение при сградите и т.н. Програмната реализация на класификаторите на софтуерно ниво в средата на Visual Lisp се извършва под формата на списъци. Всеки елемент на тези списъци е от тип «**точкова двойка**» («**dotted pair**») и съдържа две стойности – код и описание на атрибута. Стойностите на елементите на списъците се зареждат от приложната програма, като се четат данните от файл с разширение «**xlsx**», предварително създаден с Excel и записан в работната папка на модела. Този файл съдържа отделни листове («**sheets**»), а всеки лист съдържа данните за един отделен класификатор, напр. класификатор за вид територия, за вид собственост, за начин на трайно ползване и т.н.

Когато трябва да се прочетат данните за определен класификатор, приложната програма стартира Microsoft Excel като обект от клас «**_Application**» в средата на Civil 3D, като този обект на свой ред отваря файла с всички листове (данни за класификатори). Използва се свойството «**Sheets**» (колекцията от листове) на създадения обект от клас «**_Application**» и в тази колекция се открива необходимият лист, съдържащ данните за класификатора, който трябва да се зареди. Прочитат се по редове данните (код и описание на атрибута) и за всеки ред (запис) се създава по една точкова двойка, която се добавя в списъка, представящ съответния класификатор.

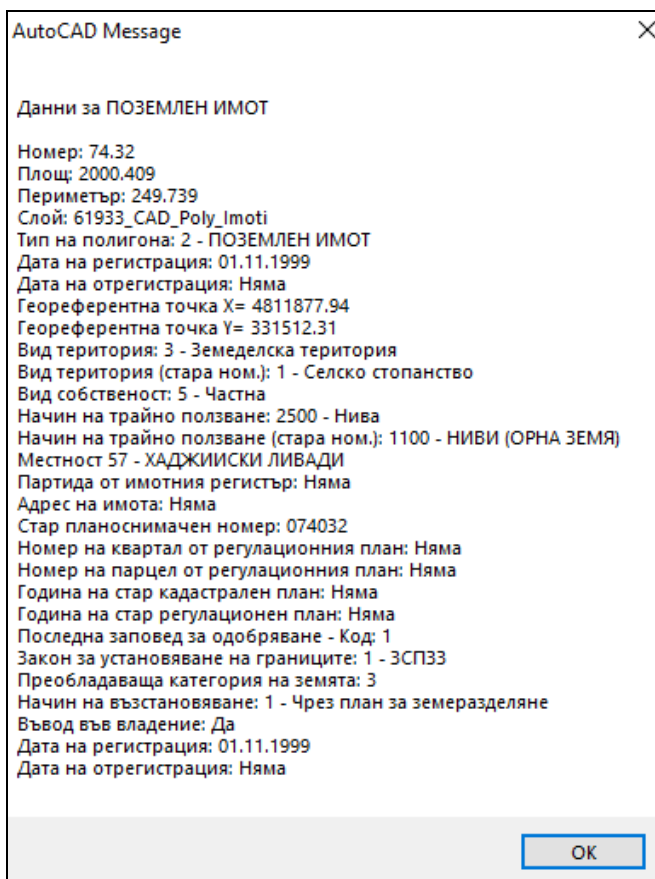
Класификаторите се използват, когато при извеждането (визуализацията) на атрибутната информация за даден площен обект някои от кодовете в разширените данни («**XData**») на този обект трябва да се подменят с конкретни буквено-цифрови стойности, напр. елементът с индекс 6 в разширените данни (код за вид територия) има стойност 1. На този код съответства буквено-цифрова стойност «Урбанизирана територия» и именно тази стойност трябва да се изведе (визуализира) при извършване на справка за поземления имот, тъй като стойността на кода 1 не говори нищо на потребителя на модела. Търсенето на определен атрибут по неговия код се извършва със средствата на приложната програма.

Следователно атрибутната информация, записана в разширените данни («XData») на площните обекти (регионите) от ЦМТ при въвеждане на данни от CAD-файл може да бъде класифицирана по следния начин:

➤ Буквено-цифрови стойности, които директно описват определени атрибутни характеристики, напр. дата на регистрация, дата на прекратяване на регистрацията, координати на вътрешна (геореферентна) точка за площния обект от служебните характеристики; стар планоснимачен номер, категория на земята, номер на парцел и номер на квартал от регулационния план, година на стария кадастрален план, година на стария регулационен план за поземлените имоти; номер на отдел, номер на подотдел, възраст, височина, диаметър, запас, площ по документ за лесоустройството и т.н.

➤ Кодови стойности за връзка със създадените речници, напр. кодове за местност, адрес, последната заповед за одобряване при поземлените имоти, код за адрес на сграда.

➤ Кодови стойности за връзка с класификаторите, напр. кодове за вид територия, вид собственост, начин на трайно ползване и др. при поземлените имоти; кодове за вид собственост, конструкция, функционално предназначение и др. при сгради; кодове за вид гора, вид подотдел, произход, предназначение, дървесен вид и др. за лесоустройството.



Фиг. 7

Въведените в средата на Civil 3D площни обекти се разпределят в отделни информационни групи, като всяка от тези групи съдържа определени слоеве. За целта при наличие на съответния тип информация в първоначалния модел се създават следните групи и слоеве:

➤ Площни обекти от кадастралната карта – слой `xxxxx_CAD_Poly_Zemliste` със землището; слой `xxxxx_CAD_Poly_Kadrajon` с кадастралните райони; слой `xxxxx_CAD_Poly_Imoti` с поземлените имоти и слой `xxxxx_CAD_Poly_Sgradi` със сградите от кадастъра.

➤ Площни обекти от лесоустройството – слой `xxxxx_LES_Poly_Kadrajon` с отделите; слой `xxxxx_LES_Poly_Imoti` с подотдели и `xxx_LES_Poly_Sgradi` със сгради.

➤ Площни обекти от регулацията – слой `xxxxx_REG_Poly_Kadrajon` с квартали, слой `xxxxx_REG_Poly_Imoti` с урегулирани поземлени имоти и `xxxxx_REG_Poly_Sgradi` със сгради.

➤ Площни обекти за почвени категории – слой `xxxxx_POC_Imoti`.

Идентификаторите на площните обекти се записват в техните разширени данни, а визуализацията им върху чертожното поле на изходното графично устройство (дисплей, плотер, принтер) се извършва чрез обекти от клас «**MTtext**», разположени в същия слой, към който принадлежи съответният площен обект. На фиг. 7 е показана атрибутната информация на поземлен имот с идентификатор 74.32 от землището с ЕКАТТЕ 61933 – с. Ракево, общ. Криводол.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лукипудис, Е.* Компютърна графика и геометрично моделиране. Част I В равнината. Лукипудис, 1996.

2. Наредба № РД 02-20-5. 2016. За съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри.

3. *Тонков, Д.* Концепция за цифров модел на територията. // Геодезия, картография, земеустройство, бр. 5-6, 2005.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор Д-106/2018 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

STRUCTURE AND CONTENT OF DIGITAL TERRITORY MODEL IN AUTODESK CIVIL 3D

D. Tonkov¹, N. Nikolova²

Keywords: Autodesk Civil 3D, digital territory model, graph database and attribute database, data dictionary

ABSTRACT

The paper brings up questions concerned with the establishment and usage of the Digital Territory Model (DTM for short) for the purpose of property development projects, urban planning and cadaster. An overview has been given about the structure and content of DTM, the source of information, the technologies involved in their creation and application in the engineering practice. More detail is given with the questions regarding the specific Autodesk Civil 3D realization of the graph and attribute database of the DTM.

¹ Dimitar Tonkov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Applied Geodesy”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: tonkov_fgs@abv.bg

² Nikol Nikolova, Eng., Dept. “Applied Geodesy”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: nikolowanikol@yahoo.com