



СЪЗДАВАНЕ НА ДИНАМИЧЕН ИНЖЕНЕРЕН МОДЕЛ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ТРАНСПОРТНА ИНФРАСТРУКТУРА

Невена Ивайлова Бабунска-Иванова
babunska_n@abv.bg

*Висше Транспортно Училище “Тодор Каблешков”
1574 София, ул. “Гео Милев” 158
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** динамичен инженерен модел, проектиране, железопътна линия, AutoCAD Civil 3D.*

***Резюме:** В настоящата разработка е създаден динамичен инженерен модел на железопътна линия със софтуерния продукт AutoCAD Civil 3D. Разгледани са отделните етапи на създаване на модела. В резултат на това са направени съответните анализи и заключение.*

1. УВОД

Проектирането е процес, който изисква добре подготвени специалисти и мощни софтуерни продукти за създаване на качествени инвестиционни проекти.

При проектирането на транспортна инфраструктура, като пътища и железопътни линии намират приложение редица софтуерни продукти: AutoCAD Civil 3D, Pythagoras, Ferrovia, Plateia, InRoads, InRail, Advanced Road Design, SierraSoft ProSt, IndorCAD, Verm.esn, Diolkos и др.

В настоящата работа е приложен софтуера AutoCAD Civil 3D, с помощта на който е създаден динамичен инженерен модел на железопътна линия.

AutoCAD Civil 3D е софтуерен продукт за инфраструктурно проектиране в среда на AutoCAD. Предназначението му е свързано с въвеждане, обработка, визуализация и тримерно моделиране на пространствена информация, изследвания и проекти в областта на: геодезия и ГИС, вертикално планиране, регулация, пътно, железопътно и ВиК проектиране и др. [1].

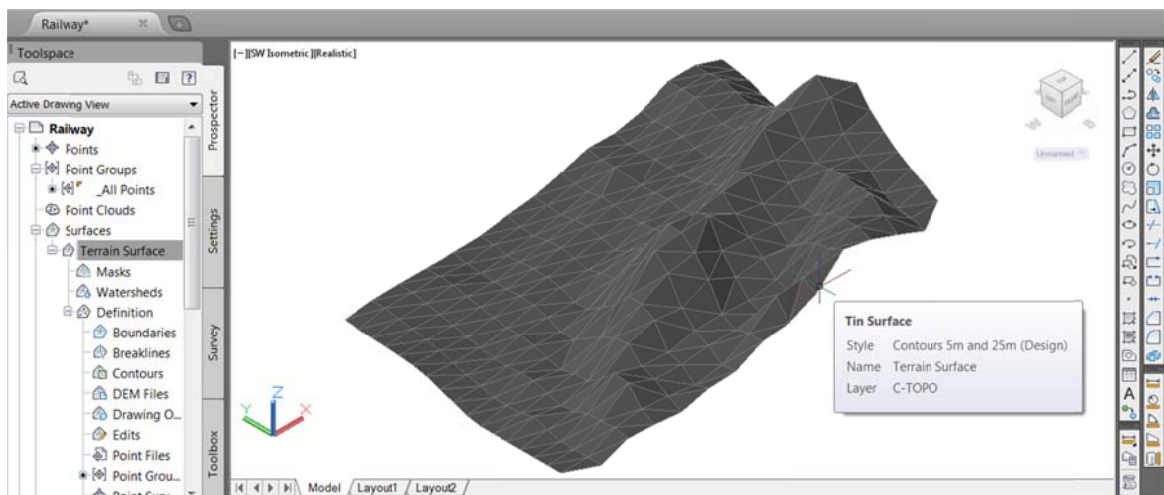
Динамичен инженерен модел представлява модел, който съдържа основната геометрия и поддържа интелигентни взаимовръзки между отделните обекти от софтуера: точки (Points), повърхнини (Surfaces), парцели (Parcels), план (Alignments), надлъжен профил (Profiles), типови напречни профили (Assembly), тримерен модел на трасето (Corridors) и напречни профили (Sections) [2].

2. СЪЗДАВАНЕ НА ДИНАМИЧЕН ИНЖЕНЕРЕН МОДЕЛ

В настоящата разработка е представено проектно решение на железопътна линия I категория, свързваща гарите А и В. Последователно ще бъдат разгледани етапите на създаване на динамичен инженерен модел с включени регистри на трасето в план и профил и файлове в dwg формат, моделирани и проектирани с AutoCAD Civil 3D.

2.1. Въвеждане и обработка на данни от геодезическо заснемане на терена и създаване на теренна повърхнина

Създаването на теренната повърхнина е свързано с въвеждане на точки посредством координати (X,Y) и коти (Z). Моделираната повърхнина (Tin Surface) представлява мрежа от непокриващи се триъгълници, чиито върхове съвпадат със заснетите точки на терена (фиг.1). Така изграденият нерегулярен модел е в основата на създаването на оптимално трасе при проектиране на линейни обекти с Делоне триангулацията [3].



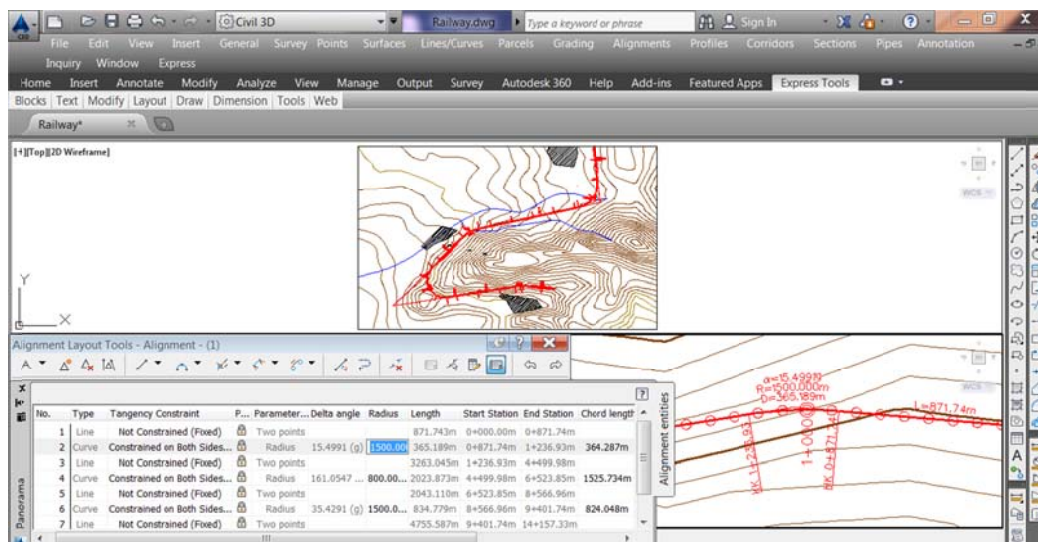
Фиг. 1 Моделиране на теренна повърхнина чрез въвеждане на точки посредством координати (X,Y) и коти (Z)

2.2. Проектиране на трасето в план

Планът на железния път представлява проекцията на оста на трасето върху хоризонтална равнина. Основата на плана е полигон, който се състои от прави и криви [4].

Разположението на гаровите площадки А и В е определено по задание и е отразено върху топографската карта. Между двете гари на подходящо място, осигуряващо нормална експлоатация и съобразено с релефа на местността е проектирана междинна гара С. В участъка гара А – гара С и гара С – гара В е разработен един вариант на ново трасе за еднопътна железопътна линия за проектна скорост 130 km/h и минимален радиус на хоризонталните криви $R_{\min}=800$ m. Дължината на проектирания участък е 16.900 km.

Изчертаването на оста на трасето върху създадената теренна повърхнина се извършва посредством очертаване на пътния полигон, като се спазват направлението на зададените гари А и В. Кривите могат да бъдат създадени автоматично или в последствие. Редактиране на трасето е възможно да се извърши чрез т.н. хватки (Grips) или чрез промяна на числените стойности от таблица Alignment Entities. За надписване на хоризонталното направление се използват стилове за обозначения (Label Styles), които включват всички необходими надписи върху трасето (фиг.2).



Фиг. 2 Представяне на трасето в план и динамична промяна чрез редактиране стойността на радиуса на крива

Изготвен е регистър на трасето в план (табл. 1). Надвишенията (Н) и дължините на преходните криви (l_0) са изчислени, съгласно познатите формули [5].

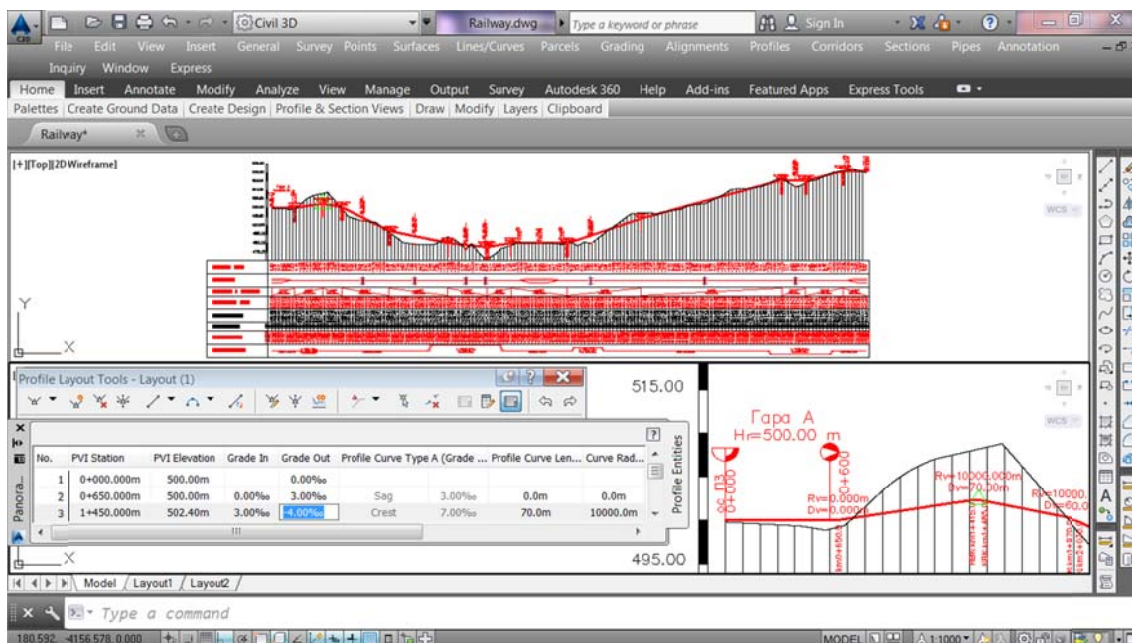
Таблица 1 Регистър на трасето в план

Вид точка	Km	Вид елемент	Дължина на елементи, m	Радиус R, m	Н, mm	l_0 , m
L ₁	0+000.000	права	871.743	-	-	-
НК ₁	0+871.743	кръгова крива	365.189	1500	90	117
КК ₁	1 +236.932					
L ₂	-	права	3263.045	-	-	-
НК ₂	4 +499.977	кръгова крива	2023.873	800	150	195
КК ₂	6 +523.850					
L ₃	-	права	2043.110	-	-	-
НК ₃	8 +566.960	кръгова крива	834.779	1500	90	117
КК ₃	9 +401.739					
L ₄	-	права	4755.585	-	-	-
НК ₄	14 +157.324	кръгова крива	1766.542	1200	115	150
НК ₄	15+923.866					
L ₅	16+900.000	права	976.134	-	-	-

2.3. Проектиране на трасето в надлъжен профил

Надлъжният профил на железопътна линия представлява вертикален разрез по оста на железния път. Основните му елементи са теренната и проектната линия (нивелета) [4].

Изчертаването на теренната линия от надлъжния профил се извършва на база теренната повърхнина и трасето в план. Нивелетата е проектирана, като са спазени изискванията на заданието за максимален надлъжен наклон $I_{\max}=15\%$ и радиус на вертикалните криви $R_V=10\,000\text{ m}$, както и изискванията при проектиране на нивелетата. Вертикалните криви могат да бъдат създадени автоматично или в последствие. Антетката на надлъжния профил е изчертана чрез т.н. ленти (Bands) и съдържа информация относно: Работни коти (насипи и изкопи), Ситуация, Наклони и дължини, Нивелетни коти, Теренни коти, Разстояния, Километраж и Прави и криви. Редактирането на теренната линия при необходимост се извършва чрез промяна на трасето в план, а на нивелетата – чрез т.н. хватки (Grips) или чрез промяна на числените стойности от таблица Profile Entities (фиг.3).



Фиг.3 Представяне на трасето в надлъжен профил и динамична промяна на нивелетата чрез редактиране стойността на надлъжен наклон

В таблица 2 е представен регистър на трасето в надлъжен профил.

Таблица 2 Регистър на трасето в надлъжен профил

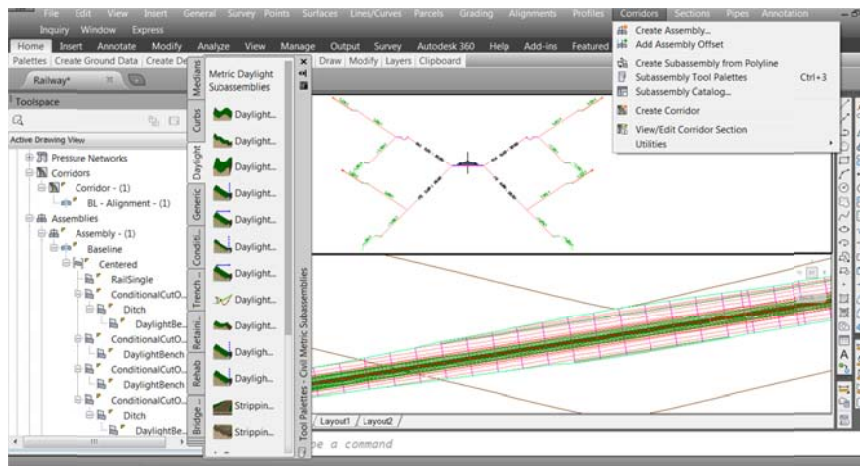
№	ЧН на km	Д-на на нив. рамо	Кота ЧН	Ракордирана кота	I, %	dI, %	R _v , m	T _v , m	D _v , m	B _v , m
1	0+000		500.00	-						
2	0+650	650.00	500.00	-	0.00	3.00	0	0.00	0.00	0.000
3	1+450	800.00	502.40	502.34	3.00	7.00	10 000	35.00	70.00	0.061
4	2+000	550.00	500.16	500.12	-4.00	6.00	10 000	30.00	60.00	0.045
5	3+350	1350.00	486.70	486.75	-10.00	6.00	10 000	30.00	60.00	0.045
6	5+000	1650.00	480.10	-	-4.00	2.00	0	0.00	0.00	0.000
7	6+100	1100.00	477.93	477.96	-2.00	5.00	10 000	25.00	50.00	0.031
8	6+800	700.00	479.99	-	3.00	3.00	0	0.00	0.00	0.000
9	8+400	1600.00	480.05	480.10	0.00	6.50	10 000	32.50	65.00	0.053
10	10+500	2100.00	493.65	-	6.50	1.00	0	0.00	0.00	0.000
11	14+500	4000.00	515.66	515.62	5.50	5.50	10 000	27.50	55.00	0.038
12	15+200	700.00	515.74	515.77	0.00	5.00	10 000	25.00	50.00	0.031
13	16+250	1050.00	521.00	520.97	5.00	5.00	10 000	25.00	50.00	0.031
14	16+900	650.00	521.00	-	0.00					

2.4. Създаване на типови напречни профили и тримерен модел на трасето

Създаването на типови напречни профили включва основните елементи, които съдържа железния път (горно и долно строене). Същите са налични в палитрата с инструменти Tool Palettes – Subassemblies (фиг.4). Промяна на типов напречен профил се осъществява посредством използване на диалоговия прозорец Properties чрез редактиране стойността на даден елемент или чрез задаване на нов елемент от палитрата с инструменти.

Създаването на тримерен модел на трасето се извършва на базата на теренна повърхнина, план, надлъжен профил и типов напречен профил (фиг.4). Редактирането на един или повече от изброените елементи е свързано с динамична промяна на коридора.

С цел изчисляване обема на земните работи е необходимо да се създадат пътни повърхнини (Corridor Surfaces).

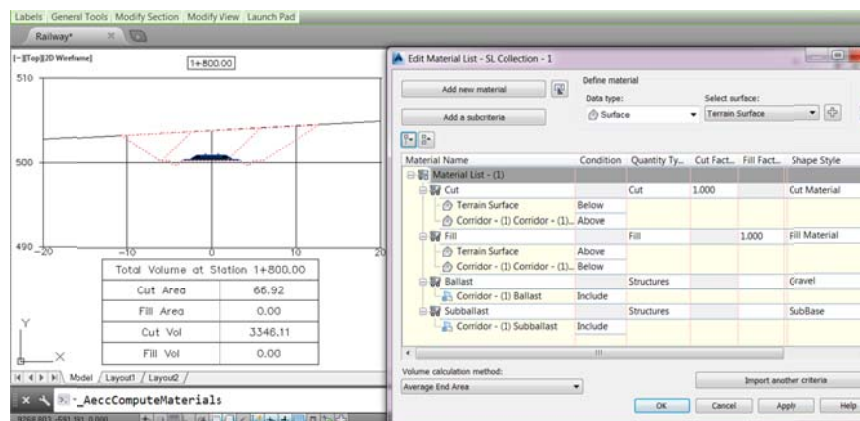


Фиг. 4 Създаване на типов напречен профил и тримерен модел на трасето

2.5.Проектиране на напречни профили на трасето и изчисляване обема на земните маси

Напречен профил е вертикален разрез, перпендикулярен на надлъжната ос на железния път. Напречните профили за разработения пример са изчертани през 100 m, като са спазени основните изисквания за тяхното проектиране [4]. И тук има възможност да се извърши динамична промяна.

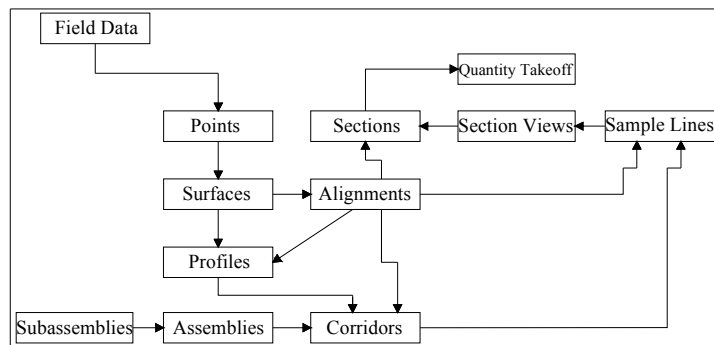
За определяне обема на земните маси посредством Quantity Takeoff Criteria е необходимо да се използва секцията Material List, която съдържа таблица за изчисляване на изкопно-насипните работи чрез сравняване на слоя на Datum пътната повърхнина с този на теренната такава (фиг.5) [6].



Фиг.5 Напречен профил в изкоп на km 1+800 с изчислени земни маси

3. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Създаването и поддържането на динамичен инженерен модел при проектиране на транспортна инфраструктура със софтуерния продукт AutoCAD Civil 3D ускорява времето за проектиране. При извършване на промени в проекта, същите се отразяват динамично на всеки един елемент от инженерния модел. Така например при задаване на нова стойност на радиуса на дадена крива от трасето в план динамично се променят елементите на кривата, местоположението на главните точки и дължините на правите участъци в план, надлъжен профил, тримерен модел и напречни профили, както и съответните изчисления. Взаимовръзката между отделните обекти на динамичния модел е представена на фигура 6.



Фиг. 6

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

През последните години се наблюдава динамично развитие на използваните софтуерни продукти в различни области на науката и техниката. Това е свързано с непрестанни усилия от страна на съответните специалисти за обогатяване на знания и умения с цел повишаване ефективността и качеството на работа при изготвяне на проекти.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Chappell E. AUTOCAD CIVIL 3D 2014 Essentials, Sybex, 2013, SBN: 978-1-118-57502-4
- [2] http://proektirane.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=182&Itemid=69&miid=1
- [3] Иванов Р. Проектиране на пътища с Делоне триангулация. XVI Международна научна конференция “Транспорт 2006“, ВТУ “Т. Каблешков“, Сборник доклади ISBN-10:954-12-0130-X
- [4] Иванова М. Учебно-методическо ръководство по проектиране и строителство на железопътни линии, София 2009, ISBN-978-954-12-0176-3
- [5] Инструкция за устройство и поддържане на горното строене на железния път и железопътните стрелки, София 2010
- [6] Шумаров П. Autodesk Civil 3D 2007 Практическо ръководство, КАД Пойнт, София 2006

CREATION OF DYNAMIC ENGINEERING MODEL FOR DESIGN OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Nevena Ivaylova Babunska-Ivanova
babunska_n@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, 158 Geo Milev Str.
 BULGARIA*

Key words: *Dynamic Engineering Model, Design, Railway, AutoCAD Civil 3D.*

Abstract: *In the current paper was created dynamic engineering model of a railway with software product AutoCAD Civil 3D. Various stages of creation of the model are discussed. As a result are presented the appropriate analyses and conclusion.*