



**ПРИЛОЖЕНИЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНИЯ СОФТУЕР PYTHAGORAS CAD+GIS
ЗА АВТОМАТИЗИРАНЕ НА МАРКШАЙДЕРСКИТЕ ДЕЙНОСТИ В МИНИ „МАРИЦА-ИЗТОК” АД – НАД
15 ГОДИНИ УСПЕШНА ИСТОРИЯ**

д-р инж. Иван Калчев
ГЕО ПЛЮС ЕООД, бул. „Цар Борис III” № 215, партер, офис 7,
гр. София 1618, България (ikaltchev@geoplus-bg.com)
Консултант: инж. Илия Карагяуров, Ръководител отдел „Маркшайдерски”,
„Мини Марица-Изток” ЕАД, гр. Раднево

**APPLICATION OF PYTHAGORAS CAD+GIS FOR AUTOMATIZATION OF MINING SURVEYING
ACTIVITIES IN MINI MARITZA IZTOK – 15 YEARS SUCCESS STORY**

Ivan Kaltchev, PhD
GEO PLUS LTD., 215 Tzar Boris III blvd, 1618 Sofia, Bulgaria, ikaltchev@geoplus-bg.com

ABSTRACT

For last 15 years Pythagoras CAD+GIS are using successfully for automatization of mining surveying activities in Mini Maritza Iztok. Creating and maintaining digital model of the open pit mining and volume calculations each month by all kind of data from measurements – from traditionally and GNSS to new sources like UAS photogrammetry and LIDAR scanning. High level of experience and knowledge of specialist in mining ensure fast and accurate performing of all mining surveying tasks on the base of powerful and automated procedures and easy to use environment, providing important and sharable information for development and exploitation of the open mining.

Keywords: *Automatization of mining surveying; software solution.*

1. КАКВО Е PYTHAGORAS?

Началото на разработването на софтуера PYTHAGORAS е поставено през 1991 година. Като съвременен софтуер продукта търпи непрекъснато развитие като до момента са разработени 17 основни версии на софтуера. Създателите на софтуера Pythagoras са замислили създаването на уникална програма, която да облекчи професионалистите, заети в сферата на топографията и устройственото проектиране, чрез бързо и удобно създаване на необходимите им графични модели и бази данни. Pythagoras работи и мисли като топограф и строителен инженер, което го прави изключително интуитивен и лесен за използване. Но тази лекота не бива да заблуждава - Pythagoras е проектиран да изпълнява много прецизни проектантски и топографски геометрични изчисления. Той предлага уникална и мощна функционалност при чертане, специално адресирана към критични проблеми на производството на геодезисти, маркшайдери и строителни инженери, интегрирайки мощни изчислителни и чертожни функции със съвременна система за управление на бази данни, необходими за автоматизиране на широк кръг инженерни задачи.

Pythagoras е самостоятелен CAD + GIS продукт, който е разработен за операционна система Microsoft Windows. Той не е просто надстройка към комплицирана CAD програма с универсално предназначение. Тази специализация още от проектно ниво позволява на потребителя да извършва работата си по-лесно и по-бързо в сравнение с друго изчислително средство или друга CAD програма.

Pythagoras използва най-новите софтуерни техники на потребителски интерфейс, които са непознати в други софтуерни решения като интелигентно прихващане на обекти, представяне на геометрични отношения и контекстно чувствителни полета за въвеждане. Тези техники правят програмата много



удобна за потребителя и всеки бързо може да постигне високо ниво на продуктивност. Данни получавани от тотални станции, GNSS инструменти, облаци от точки от наземно или въздушно лазерно сканиране, системи за мобилно картографиране чрез LiDAR, ортофото мозайки от безпилотни летателни системи за въздушна фотограмметрия, ехолотни системи, други CAD и GIS софтуерни пакети могат лесно и бързо да се интегрират и обработват съвместно в проектите на Pythagoras. Потребителите от областта на геодезията, кадастъра, вътрешен дизайн, строителство на пътища и сгради, дрегажни и минни дейности, използващи БЛС, Lidar и машинен контрол, се възползват от предимствата на интелигентните алгоритми, осигуряващи чрез този софтуер лесното конвертиране на всички видове пространствени данни в полезна информация и документи.

В резултат на предлаганата функционалност и доброто приемане на продукта от потребителите по света са продадени повече от 10 000 лиценза на софтуера. Това е подпомогнато и от факта, че софтуера и документацията за потребителите на PYTHAGORAS в момента се предлага на 17 различни езика, между които и български език.

2. КОЙ СЪЗДАВА И ПРЕДСТАВЛЯВА PYTHAGORAS?

Софтуерът Pythagoras се разработва от компанията Pythagoras BVBA (преди ADW Software), Белгия (www.pythagoras.net). Освен централния офис в Белгия компанията има офиси и технологични центрове в САЩ, Тайланд и Украйна. Софтуерът се представява и разпространява на всички пет континента чрез мрежа от дистрибутори в повече от 50 страни по света.

Продукта за първи път е представен пред българската техническа общност на Международния симпозиум организиран от Съюза на Геодезистите и Земеустроителите в България през 2003 година. От тогава софтуера се представява в България от компанията „ГЕО ПЛЮС“ ЕООД (www.geoplus-bg.com).

3. ТЕХНИЧЕСКИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА PYTHAGORAS, СВЪРЗАНИ С АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МАРКШАЙДЕРСКИТЕ ДЕЙНОСТИ

Софтуерът Pythagoras е изграден на модулен принцип. Групирането на определени взаимнообвързани функции на продукта позволява на всеки потребител да избира необходимите му модули в зависимост от конкретната си дейност и интереси. Ето и кратко описание на функциите на всеки от наличните модули с акцент върху функциите, полезни за автоматизиране на маркшайдерски изчисления:

A. Pythagoras основен модул

Основният модул съдържа ядрото на Pythagoras, средствата за чертане, функциите за координатна геометрия (COGO) и много други възможности. Софтуерът Pythagoras е напълно самостоятелен CAD продукт, защото в него е интегрирана собствена CAD “машина”.

Основните функционални възможности на основния модул в полза на автоматизацията на маркшайдерските дейности накратко могат да се обобщят така:

- Поддържане на вход и изход на данни от всички формати на измервания с тотални станции, GNSS приемници и интегриране с пространствени данни и модели от други софтуерни продукти (DXF/DWG, SHP, LandXML, KML, GeoTIFF, LAS, DBF, CSV, TXT), както и използване на интернет източници на пространствени данни чрез WebMapServices (WMS, WMTS);
- Лесна работа с референтни координатни системи, включително всички официално използвани в България до Кадастрална координатна система 2005, извършване на автоматични координатни трансформации между референтните системи, както и в локални координатни системи чрез афинна или хелмертова трансформация по общи точки;
- Лесна и интуитивна работа за създаване, редактиране и изчисления в 3D среда на векторни елементи (точки, отсечки, дъги, полилинии, полигони, сплайни, трасета, пътища) с автоматично извеждане на геометричните им характеристики (координати, коти, дължини, площи, периметри и други) като асоциативни анотации в чертежите или като таблици във външни бази данни;

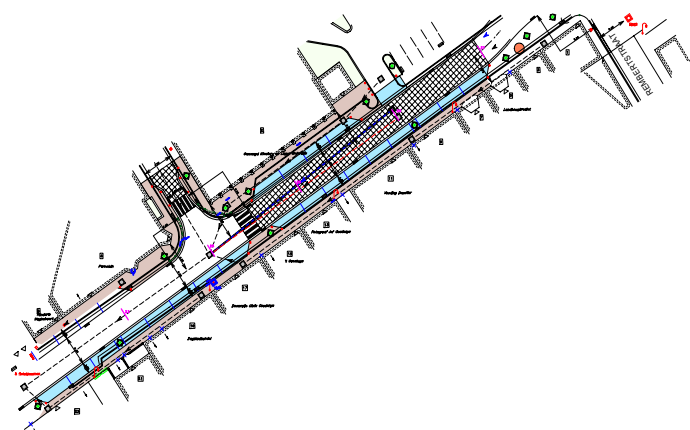


- Поддържане на работа с геореферирани растерни изображения (стари картни материали, сателитни снимки, ортофото мозайки от въздушна фотограмметрия) с възможности за автоматично или ръчно векторизиране чрез разпознаване на векторни обекти;
- Поддържане на работа с облаци от точки (от наземни или въздушни LiDAR сканирания или фотограметрични заснемания), 3D визуализация и пълноценно чертаене с прихващане на точки от облака, възможности за автоматизирано решаване на задачи като: генериране на структурни линии (ръбове на теренни форми), хоризонтали, надлъжни профили и напречни сечения по облак от точки; класифициране на облаци от точки, сравнение на различни облаци от точки и изчисляване на обема между тях; проектиране на векторни обекти върху облак от точки с цел получаване на 3D данни за обектите;



Софтуерът Pythagoras осигурява достъп до обектите си за програмиране с VBA (Visual Basic for Applications). Чрез VBA потребителя може да програмира често повтарящи се процедури така, че да се автоматизира изпълнението им от Pythagoras. Тези приложения могат да се активират чрез макроси, като е възможно да се създават потребителски дефинирани менюта в Pythagoras. Чрез Pythagoras VBA могат да се проектират и създават собствени потребителски форми за въвеждане и извеждане на данни. На разположение са инструменти (чрез ODBC) за осъществяване на връзка с външна база данни като Access, Oracle, с цел създаване на персонална ГИС среда.

В. Pythagoras модул за геокодиране



При въвеждането на данни от измервания този модул на Pythagoras генерира автоматично чертеж въз основа на кодове, посочени по време на измерването на точките. Pythagoras може да интерпретира използваните кодове и автоматично да създаде векторни елементи (линии, точки, полигони), описващи ситуацията. Типа на символите, стила на линиите, цветовете, слоевете и т.н. се дефинират предварително с кодовете, като всеки потребител може да дефинира свои собствени кодове.

Ето някои възможности:



- Възможно е да се опишат неограничен брой линии. Потребителят не трябва да помни номерата на линиите;
- Неограничен брой точки могат да се включват в полилинии;
- Автоматично могат да се създават успоредни линии;
- Могат да се дефинират кодове за построяване на удължения, отклонения на ляво или надясно;
- Могат да се кодират построения на криви, дъги, правоъгълници;
- Символите могат да се ориентират спрямо посоката на линия или дъга;
- Автоматично се генерират пояснителни текстове (кота, номер на точка, информация, ...).
- Могат да се кодира построението на скрити или недостъпни точки.

C. Pythagoras модул за цифрово моделиране на терен DTM

За цифрово моделиране на теренни повърхнини (Digital Terrain Model - DTM) в софтуера Pythagoras се прилага метода на Delaunay за построяване на мрежа от непокриващи се триъгълници (TIN) по избрани точки с коти, структурни линии за указване на местата на смяна на наклона на терена, както и оградящ полигон за граница на модела.

В процеса на изчисляване на DTM софтуера извършва проверка за коректност на данните, по които се построява TIN мрежата, като се дава възможност за анализи и корекции в случай на:

- Точка върху структурна линия, когато точката има различна кота от тази на линията;
- Съществуват точки с еднакви координати, но различни коти;
- Структурни линии се пресичат.

След автоматичното генериране на DTM са възможни корекции и настройки:

- Премахване на гранични триъгълници въз основа на критерии за дължината на техните страни;
- Смяна на диагоналите между два съседни триъгълника;
- Изтриване на триъгълник или група триъгълници;
- Преместване, добавяне и изтриване на върхове на триъгълници;
- Промяна на кота на връх на триъгълник или на целия на DTM.

В модулът за цифрово моделиране на терен са включени функции за различни изчисления с такива модели:

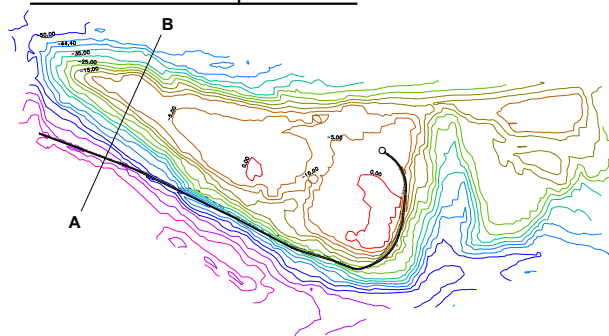
Изчисление на обеми

Могат да се изчисляват обемите на земни работи (изкопи и насипи) за произволен регион. Обеми могат да се изчисляват между:

- Избран модел на терен и посочена хоризонтална равнина.
- Повърхнините на два избрани модела на терен.

Използва се метода на числовото интегриране, като може да се посочи желаната степен на точност. В случай, че сравняването две повърхнини не се припокриват се извършва екстраполиране за да се даде резултат, като се извършва оценка на достоверност на получените обеми.

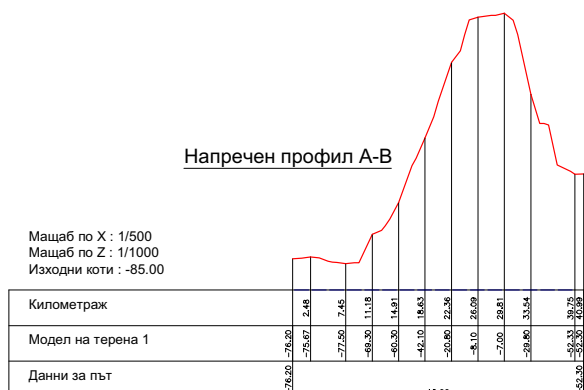
Изчисление на хоризонтали



След като е изчислен модел на терена, Pythagoras може да генерира автоматично хоризонтали. Потребителят може да избира типа на използваните линии, слоя, цвета, височината на сечението. Линиите на хоризонталите могат да се представят като линейни (начупени линии) или B-сплайни с променлив фактор на закривление между 1 и 10.



Изчисление на профили и сечения



Възможно е да се изчислят и автоматично да се генерират надлъжни профили на модела на терен по произволно зададени линии и трасета.

Възможно е автоматичното генериране на множество напречни профили по посочен път.

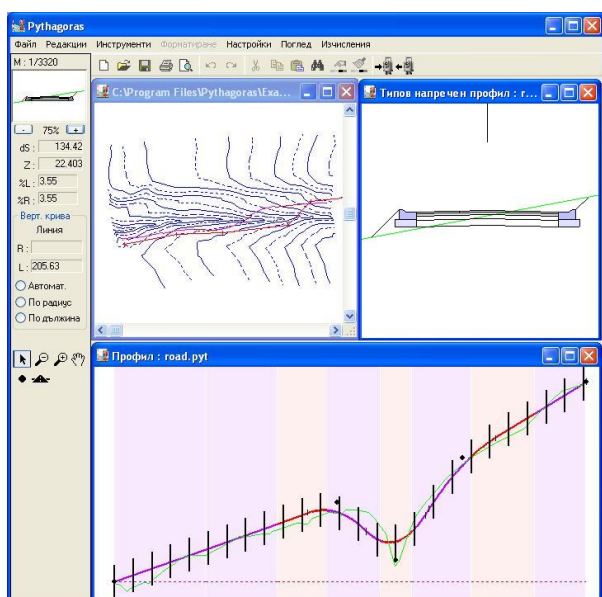
Изчисления на откоси и наклони, 2D и 3D площи

Възможно е да се изчислят връзките (стъпките) на дефинирани откоси с всеки цифров модел на терен или с хоризонтална равнина. При тези изчисления единият ръб на откоса е път (последователност от прави и /или дъги). Може да се задават различни наклони в случаите, когато пътя е в изкоп или в насип. Възможно е да се изчисли площта в проекция и пространствената площ на полигон, по повърхнината на модел на терена.

D. Pythagoras модул за проектиране на пътища

Тази опция, напълно интегрирана в Pythagoras, позволява създаването на проектни профили при проектиране на пътища и други линейни обекти. Във вертикално отношение оста на линейното съоръжение може да се опише в надлъжен профил, като се използват прави участъци и вертикални криви (параболи или кръгови). Потребителят разполага с много опции за да проектира идеален профил:

- Специален контролен панел, съдържащ : километраж, кота, наклон и информация за параметрите на вертикалните криви;
- Уникална възможност за динамично показване на напречните профили в мястото от надлъжния профил, където е поставен курсора;



- В прозореца на плана могат да се изберат свързани обекти (точки, линии, ...), чието местоположение да се показва в прозореца на надлъжния профил. Това позволява на потребителя да вижда тези обекти и да се съобразява с тяхното пространствено положение в процеса на проектиране на надлъжния профил;
- Могат да се задават радиуса и дължината на вертикалните криви;
- Осигурена е възможност да се дефинират напречни профили (толкова лесно колкото създаването на символи) и да се посочват местата им (километража) в прозореца на надлъжния профил;
- Софтуерът изчислява автоматично уширенията и надвишенията на напречните профили в участъците на пътя в преходни и кръгови хоризонтални криви.



Pythagoras генерира автоматично всички необходими чертежи, съдържащи всички детайли за проектираните надлъжен и напречни профили (съществуващ терен, проектен терен, вертикални криви, информация за оста в ситуация, разположение на свързани обекти).

След завършване на процеса на проектиране Pythagoras може да изчисли автоматично необходимите обеми земни работи (изкопи и насипи) за построяване на съоръжението, като резултатите могат да се разделят за общите изкопи и насипи и за обемите на хумуса.

4. ПРИЛОЖЕНИЕ НА PYTHAGORAS ЗА АВТОМАТИЗИРАНЕ НА МАРКШАЙДЕРСКИТЕ ДЕЙНОСТИ В МИНИ „МАРИЦА-ИЗТОК” АД

Мини „Марица-Изток” АД разполагат с пет лиценза на специализирания софтуер PYTHAGORAS от средата на 2004 година. В следващите години броят на лицензите достигна 35 работни места, като освен за маркшайдерски цели софтуера се използва и от геолого-проучвателния отдел и от звеното за недвижима собственост към отдел Инвестиции.

Софтуера основно се използва в следните области на маркшайдерските дейности:

- автоматизиране на обработката на маркшайдерските измервания от тотални станции, GNSS приемници и интегриране с цифрови продукти от въздушна фотограметрия с БЛС (облаци от точки и ортофото мозайки);
- генериране на планове за развитието на минните разработки;
- автоматизирано създаване на кадастрални планове и проекти за развитие на разработките;
- генериране на цифрови модели на повърхнини за развитието на минните работи;
- представяне на повърхнините с хоризонтални, профили, сечения и пространствени изгледи;
- определяне на обемите на земните маси между различни етапи от развитието на минните разработки и остойностяване на дейността на минните предприятия;
- автоматизиране на процесите на проектиране на нови транспортни съоръжения – пътища, гумено-транспортни ленти, ж.п. линии и други;
- автоматично генериране на трасировъчни данни за отлагане на проектни решения на място чрез геодезически инструменти – тотални станции или GNSS приемници.

Въз основа на добрата функционална и графична среда, предлагана от софтуера и чрез вградения език за програмиране Pythagoras VBA специалисти от дружеството създадоха специализиран модул за подпомагане процеса на автоматизирано получаване на чертежи за надлъжни профили. Чрез този модул се решават следните задачи:

- попълване таблица с информация за обекта, допълнителна информация и подписи на лицата изготвили и утвърдили профила;
- генериране на надлъжен профил на линеен обект без да е необходимо обвързване със цифров модел на терена;
- промяна нивото на нивелетата на вече генериран надлъжен профил с упоменатата по-горе програма.

Специализирания модул може да се прилага за проверка и проектиране на всички линейни обекти намиращи се на територията на комплекс “Марица-Изток” – гумено-лентови транспортъори, ж.п. линии, руднични пътища, канали и най-вече за временни обекти, които не се обвързват със теренни модели и не се отбелязват на месечните планове, като отводнителните канавки непосредствено до борда.

Първата програма от специализирания модул визуализира форма за входна информация. В полетата за попълване се въвежда името на рудника, името на линейния обект, хоризонта, участъка, багера, имената на лицата изготвили и утвърдили профила (фигура № 1). След попълване на полетата за първи път, данните се записват в текстов файл. При всяко ново стартиране на програмата те се възстановяват от този файл и се визуализират във формата. По този начин се намалява обема информация, въвеждана от потребителя и се автоматизира оформлението на надлъжния профил (фигура № 2).



Фигура № 1

Фигура № 2

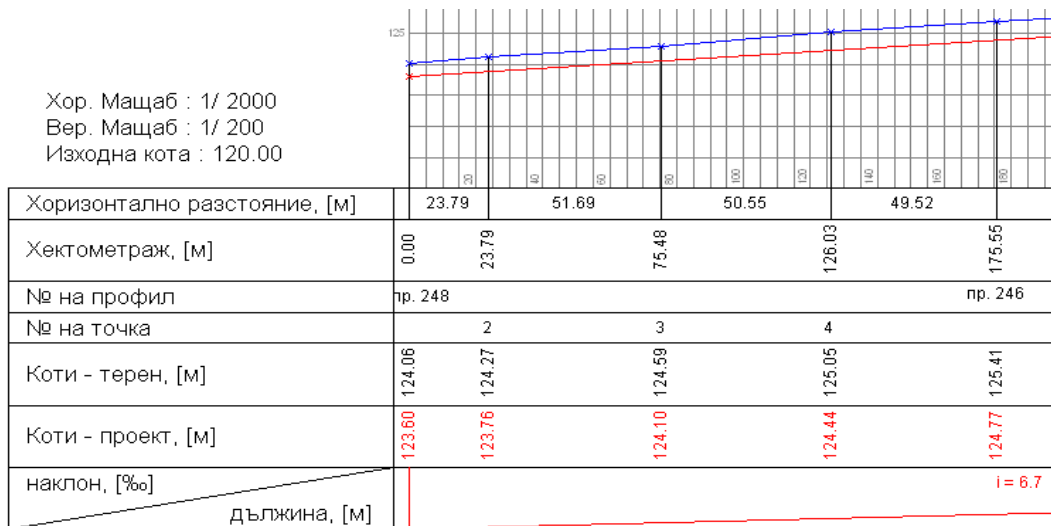
За да се използва втората програма от специализирания модул трябва предварително със средствата на основния модул на софтуера Pythagoras да създадем и маркираме обект от тип – Път. Той се създава по точки, получени чрез заснемане с геодезически инструменти, обработени и визуализирани върху текущата ситуация на минното поле или точки, ръчно генерирани върху ситуацията.

След стартиране на програмата се визуализира форма, условно разделена на три секции (фигура № 3). Най-горната секция е информация, която програмата предоставя на потребителя за трасето, по което ще се генерира профила (брой точки, хоризонтална дължина, минимална и максимална кота). Втората секция е за входна информация необходима за построяване на самия профил – базова кота, спрямо която да се приравнят всички коти, хоризонтален и вертикален мащаб. В последната секция се въвеждат данни за проектните коти, по които се построява нивелетата на надлъжния профил.

Фигура № 3



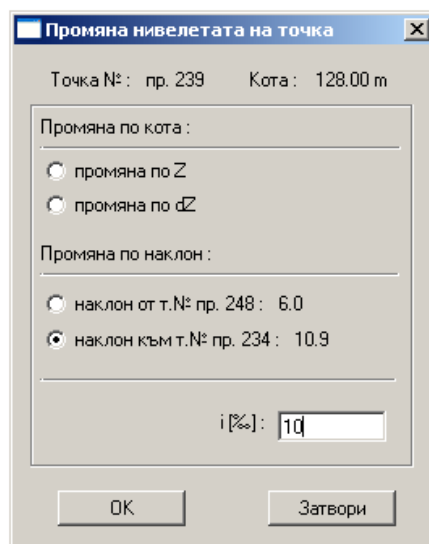
При генериране на надлъжния профил елементите на таблицата, мрежата и самата профилна линия се визуализират в различни слоеве. Потребителя може да избере кои елементи да са видими и да подготви много лесно профила за разпечатване според конкретните изисквания (фигура № 4).



Фигура № 4

За да се използва третата програма трябва да са изпълнени функциите на първите две програми. При стартирането ѝ се визуализира форма, в която може да се променят котите на предварително селектирани точки по следните начини (фигури № 5):

- със задаване на нова кота;
- със задаване на превишение;
- със задаване на нов наклон към предходната точка;
- със задаване на нов наклон към следващата точка;



Фигура № 5

Всяка промяна на котата на точка от нивелетата чрез третата програма от специализирания модул се отразява автоматично в таблицата под профила. По този начин промяната на проектното положение става много лесно, като цялата необходима информация визуално може да се следи в таблицата.



5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специализираният софтуерен продукт PYTHAGORAS CAD+GIS доказано повече от 15 години в практиката се използва успешно за автоматизиране на значителна част от дейностите на геодезисти, маркшайдери, строителни и пътни инженери, архитекти и ландшафтни проектантi. Със своите качества и лекота софтуерът осигурява една пълноценна, мощна и гъвкава среда за решаване на широк кръг задачи от практиката в тези инженерни области. Освен стандартните функционални възможности, вградени в продукта, всеки потребител може да разработва собствени приложения чрез вградения език за програмиране за да настройва или надгражда продукта за постигане на специфични решения в различни области на приложение.