

8. *Наливайко Д.* Козацька християнська республіка: Запорізька Січ у західноєвропейських літературних пам'ятках / Д. Наливайко – К.: Дніпро. – 1992.
9. *Наливайко Д.* Очима Заходу: Рецепція України в Західній Європі XI-XVIII ст. / Д. Наливайко – К., 1998.
10. *Наливайко Д.* Україна в другій половині XVIII ст. в західноєвропейських історико-літературних пам'ятках / Д. Наливайко // Український історичний журнал. – 1972. – №1 – С. 132-137.
11. *Соловьев С. М.* История России с древнейших времен: в 18 т. / С. М. Соловьев. – М., 1991. – Т. 11.
12. *Рождественский С. В.* Известия о России в историческом сборнике «Theatrum Europaeum» / С. В. Рождественский // Журнал министерства Народного Просвещения – Май 1891. – Вып. 275. – С. 57-78.
13. *Bingel H.* Das Theatrum Europaeum, ein Beitrag zur Publizistik des XVII und XVIII Jahrhunderts / H. Bingel. – Berlin, 1909.
14. *Theatrum Europaeum*, oder ausführliche und wahrhaftige Beschreibung aller und jeder denckwürdiger Geschichten 1648-1651 / Beschreibung durch Joh. Georg Schleder. – Frankfurt.a.M., 1663. – Band VI.
15. *Theatrum Europaeum*, oder ausführliche und wahrhaftige Beschreibung aller und jeder denckwürdiger Geschichten 1651-1657 / Beschreibung durch Joh. Georg Schleder. – Frankfurt.a.M., 1685. – Band VII.
16. *Theatrum Europaeum*, oder ausführliche und wahrhaftige Beschreibung aller und jeder denckwürdiger Geschichten 1657-1660 / Beschreibung durch Martin Meyer. – Frankfurt.a.M., 1693. – Band VIII.

УДК 930: [004. 94: 911. 375.64 (477. 54 - 89)]

## **Розробка технології створення тривимірної моделі історичного центру Харкова**

*Онопрієнко Алла, Тріпутіна Наталія*

*Онопрієнко Алла, Тріпутіна Наталія. Розробка технології створення тривимірної моделі історичного центру Харкова.* Метою даного дослідження є розробка технології створення тривимірної моделі історичного центру Харкова. Стаття присвячена розробці методики використання засобів ПС для історичних досліджень. Результатом дослідження є опис технології використання завдання, а також – безпосередньо тривимірної віртуальної моделі історичного центру Харкова.

*Оноприенко Алла, Трипутина Наталья. Разработка технологии создания трёхмерной модели исторического центра Харькова.*

Целью данного исследования явилась разработка технологии создания трёхмерной модели исторического центра Харькова. Статья посвящена разработке методики использования средств ГИС для исторических исследований. Результатом исследования является описание технологии выполнения задания, а также – собственно трёхмерная виртуальная модель исторического центра Харькова.

*Onopriienko Alla, Tryputina Natalya. Working out of the technology of 3D model creation of Kharkov's historical centre.* The aim of the study was working out of the technology of Kharkov's historical centre 3D model creation. The article devoted to elaboration of GIS technologies for historical reserches. The description of the task carrying out and virtual model of Kharkov's historical centre was resulted of reserche. **Key words:** GIS technologies, virtual 3D-model, visual estimation.

Протягом своєї історії місто Харків зросло з невеличкого поселення до велетенського мегаполісу. Для підвищення ефективності діахронно-генетичного аналізу його території нові можливості надає використання геоінформаційних систем. ГІС є могутнім інструментом зіставлення стану територій у різних просторово-часових зрізах. Ці системи надають дослідникам незрівнянні можливості просторового аналізу та візуалізації інформації. Але технології застосування ГІС в історичних дослідженнях потребують значних зусиль для розробки та оволодіння ними. Дана наукова розвідка є спробою розробки технології створення тривимірної моделі історичного центру Харкова сучасними інформаційними засобами.

Моделювання є одним з найбільш ефективних методів наукових досліджень, який полягає у побудові й вивченні спеціальних об'єктів (моделей), властивості яких подібні найбільш важливим, з погляду дослідника, властивостям досліджуваних об'єктів (оригіналів). У більш широкому розумінні, моделювання являє собою наукову дисципліну, у якій вивчаються методи побудови й використання моделей для пізнання реального світу.

Тривимірне моделювання вимагає відповідних інструментів, методик та даних. Технології геоінформаційних систем, що надають широкі можливості по інтеграції та спільному аналізу даних з різних джерел, стають усе більш популярним і затребуваним інструментом для рішення різноманітних завдань практично у всіх сферах діяльності. Потреба в реалістичному відображенні навколишнього світу збільшує значимість одного з найбільш перспективних напрямів застосування ГІС – побудова віртуальних моделей.

Тривимірна фотореалістична візуалізація територій методами комп'ютерної графіки і створення тривимірних ГІС здатні змінити технологію та практику історичних досліджень. Оскільки геометричному опису нашого світу властива третя координата, засоби тривимірного моделювання стали невід'ємним компонентом сучасних ГІС. Крім інформації про висоту об'єктів, третя координата може служити характеристикою будь-яких процесів або явищ (температури, забруднення й т.д.) та використовуватися для їхнього просторового подання. Також тривимірні моделі територій застосовуються при ситуаційному моделюванні (тренажери, командні навчання та ін.), аналізі проектів та рішень (дорожнє будівництво та архітектура, археологія), для виконання аналітичних розрахунків або для аналізу історико – архітектурного розвитку.

Для роботи із тривимірними моделями місцевості компанією ESRI було розроблено модуль ArcGIS 3D Analyst, якій доповнює продукти ArcGIS Desktop (ArcView, ArcEditor, ArcInfo), надає користувачам функції моделювання та аналізу поверхонь, а також додатки для створення і тривимірного відображення моделей місцевості як локального (додаток ArcScene), так і глобального (додаток ArcGlobe) масштабу. Інформація про рельєф та двовимірні просторові дані, складові основи тривимірної моделі місцевості, можуть бути доповнені реалістичними моделями об'єктів, написами й анімацією.

Також необхідно сказати й про інструмент для створення тривимірних моделей будинків і споруд. Вибір програмних засобів для створення моделей об'єктів, насамперед, диктується доступними вихідними даними. Крім цього, важливим критерієм є те, яким чином тривимірна модель впроваджується в ГІС: як умовний знак для точкових об'єктів; у якості 2,5-мірного вектора; у якості реальної 3D-геометрії (наприклад, MultiPatch). Для створення тривимірних моделей в даній роботі використовувався програмний продукт – SketchUp – простий в освоєнні інструмент для створення тривимірних моделей, який надає можливість імпорту/експорту безпосередньо в базу геоданих ESRI (імпорт 2D-векторів, експорт у MultiPatch із текстурами в реальних координатах), KML/KMZ, інші обмінні формати. Нещодавно компанія-розробник була придбана власниками Google, після чого була випущена безкоштовна версія з можливостями експорту тільки у формат Google Earth. При використанні відповідного плагіна моделі у форматі SketchUp можуть бути використані в якості тривимірних умовних символів у додатках ArcScene й ArcGlobe.

Необхідно пам'ятати, що вибір програмного забезпечення залежить, у першу чергу, від поставленого завдання. Визначившись з методами та функціями, за допомогою яких буде вирішуватися поставлене завдання, можна знайти оптимальне по функціональності й вартості ПЗ для створення 3D моделей місцевості.

У ГІС дані є основним чинником, на основі якого створюються інформаційні продукти. І тому база геоданих – унікальна технологія, за

допомогою якої, ми можемо ефективно зберігати різномірні дані і з легкістю використовувати їх в складних проектах і системах.

На етапі концептуальної розробки системи, необхідно розглянути вимоги, визначені на більш ранніх етапах, і на їхній основі почати розробку структури бази геоданих.

У нашому проекті тривимірної моделі центра міста Харкова були прийняті наступні вхідні дані:

1. Векторні шари будинків, доріг й точкових об'єктів ситуації;
2. Фотографії фасадів будинків;
3. Векторні шари горизонталей, пікетів і насипів (для створення TIN поверхні);
4. Архітектурні креслення будинків, споруд;
5. Висотні показники контурів дахів будинків.

Усі вихідні векторні дані знаходяться у місцевій системі координат, отже й тривимірна модель, побудована на їхній основі, також буде в місцевій системі координат.

До вхідних даних необхідно висунути деякі вимоги:

- всі векторні шари мають бути конвертовані у шейп-файли;
- фотографії, використовувані для текстурування, повинні бути достатньої роздільної здатності (не менш 1-го мегапікселя);
- шари, використовувані для побудови TIN поверхні, повинні мати максимально можливу точність (мінімум 0,1 метра);
- збір висот контурів дахів будинків повинен проводитися з максимальною точністю.

Даний проект містить у собі по суті три тривимірні моделі центра міста Харкова трьох різних століть. Розроблена база геоданих, містить у собі всі три моделі, а майже кожна модель, в свою чергу, містить повний комплект наступних шарів:

- TIN поверхня;
- шари тривимірних будинків, споруд (multi patch);
- шари будинків та споруд (polygon), які будуть відображатися у моделі у виді тривимірних контурів;
- проїжджа частина (polygon);
- пішохідна частина (polygon);
- елементи гідрографії (polygon);
- паркова зона (point);

Кожний із шарів (крім TIN поверхні) має власну таблицю атрибутів, що містить притаманні йому характеристики та властивості.

Фотореалістична візуалізація міської території вимагає великих зусиль зі збору вихідної інформації, геометричному й радіометричному моделюванню окремих об'єктів і підсумкової моделі (сцени) та сильно залежить від повноти й точності даних, що представляють ландшафт. Відповідною відправною точкою можуть служити базові дані, складові основи ГІС: цифрові моделі рельєфу (ЦМР), електронні карти. Проте, 3D моделі об'єктів, що підносяться над поверхнею землі, таких як будівлі,

дерева і так далі, тим більше з відображенням їх текстури, ще не доступні в існуючих ГІС – системах. Тому при створенні фотореалістичної сцени необхідно окремо формувати моделі поверхні міської території і тривимірних об'єктів, на ній розташованих.

При розробці технології створення фотореалістичної тривимірної моделі міського геопростору нами використовувалося кілька програмних засобів:

- ArcGIS 9.3;
- SkethUp 7.1;
- Adobe Photoshop 10.0.

Ці програмні продукти взаємодіють наступним чином (Рисунок 1):

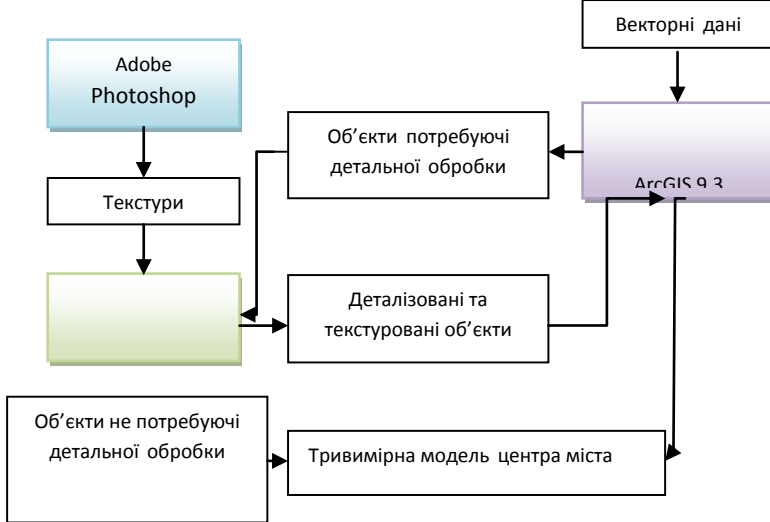


Рисунок 1. Схема взаємозв'язку ArcGIS 9.3, SkethUp та Adobe Photoshop.

Першим етапом створення моделі був збір вхідних даних. Джерела даних визначаються заздалегідь поставленим, сформульованим і конкретизованим завданням. У розроблювальному проекті завданням є створення тривимірної моделі центру міста Харкова у трьох самостійно обраних періодах часу.

Проект містить у собі дані по трьом різним моделям. Практично (в залежності від існування даних) кожна із яких має:

1. Рельєф місцевості у виді TIN моделі;
2. Моделі будівель та споруд, з розподілом на найбільш значимі, такі, що є середовими орієнтирами, історично значимими архітектурні ансамблі, що визначають образ центру міста Харкова, сформовані у вигляді каркасних тривимірних моделей, а також інші будівлі і споруди у вигляді контурів. Моделі будинків забезпечують їх впізнаваність, геометричну точність, а також зберігають їхній унікальні властивості й орієнтацію в місцевій системі координат;

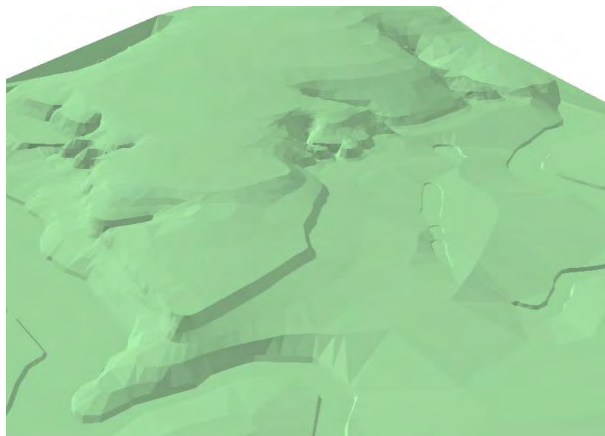
3. Дорожнє покриття;
4. Пішохідна частина;
5. Паркова зона;
6. Елементи гідрографії.

Для відображення рельєфу використовуються регулярна сітка – опис місцевості за допомогою регулярної сітки з рівними проміжками між вічками (растрова ЦМР), й нерегулярна триангуляційна мережа (Triangulated Irregular Network – TIN). У даному проєкті використовуватимемо відображення рельєфу за допомогою TIN моделі.

TIN модель – суцільна мережа трикутників, орієнтованих у тривимірному просторі, що описує суцільну нерівну поверхню. TIN дає краще представлення рельєфу в разі пересіченій місцевості. Але TIN – модель важко оновлювати – тому що кожна зміна рельєфу на модельованій території тягне за собою необхідність заново розвивати всю мережу.

Для створення TIN поверхні необхідні дані, які містять інформацію про висоти поверхні землі в області проєктування. Такі дані були отримані на кафедрі Геоінформаційних систем та геодезії ХНАМГ, в бібліотеках та історичному музеї Харкова. Обробка інформації виконувалася в програмному продукті ArcMap. Джерелом інформації були відскановані плани, а також документальні фотознімки. Обробка являє собою прив'язання планів до місцевої системи координат та рисування горизонталей. Набір даних по горизонталях цілком дозволяє створити TIN модель гарної якості й вірогідності.

Горизонталі зберігаються у вигляді лінійного шейп-файлу. Вони повинні мати атрибутивну характеристику, у якій власне й зберігаються їхні висотні характеристики. Назва атрибута повинна бути представлена тільки латинським алфавітом (для забезпечення повноцінної передачі даних в інші програмні середовища). Після того, як були зібрані дані по висотах, виконується створення моделі рельєфу за допомогою ArcScene (Рисунок 1).



Мал. 1. TIN поверхня рельєфу м. Харкова 1742 р.

Інформація по будівлях збиралася за допомогою програмних продуктів ArcMap та SketchUp. Джерелом її були фотографії, плани та архітектурні креслення. Двовимірні просторові ГІС дані, отримані шляхом векторизації великомасштабних топографічних планів і карт, застосовувалися в основному для визначення проєкційних розмірів створюваних тривимірних об'єктів і їх місця розташування в підсумковій моделі міста.

На будинки також створюється таблиця атрибутів відповідно до вимог до змістовної інформації бази даних на створювану модель. При створенні таблиці атрибутів, також потрібно використати латинський алфавіт, щоб уникнути труднощів, які можуть виникнути на більш пізніх етапах моделювання. Дані зберігаються у вигляді полігонального шейп-файлу.

Експортувавши у SketchUp необхідні основи будинків, можна перейти до ортогонального проєктування полігонів на TIN модель. Кожен будинок на цьому етапі одержить висоту своєї основи, тобто фундаменту, після чого кожен будинок буде посаджено на TIN, і за ними буде зберігатися його двовимірні координати, а також додасться третя – висота. Цей етап займає багато часу, тому що практично з кожним полігоном доводиться працювати окремо. Можливо виконання даної операції й для декількох об'єктів, але тільки в тих рідких випадках, коли ці об'єкти невеликі за розміром, перебувають один поруч одного, та розташовані на практично горизонтальній і пласкій поверхні.

Далі можна надавати тривимірному виду будинкам та спорудам й підготовлювати їх до більш детальної обробки. Для цього нам необхідно знати загальну висоту кожного окремого будинку та його інших характерних точок. Після визначення висоти будинку слід підняти полігон на її значення, заздалегідь у параметрах указавши одиниці виміру – метри. У результаті утворюється геометрична форма, бічні сторони якої приблизно повторюють периметр будинку. Тепер, заздалегідь визначивши характерні точки даху, вже можна точно змоделювати його форму. Дана робота дуже кропітка й часто викликає масу утруднень, через те, що часто геометрія будинку не проста. Коли готова елементарна геометрична форма будинку, варто перейти до її деталізації й облицювання.

Для прикладу буде описане створення моделі Миколаївського собору, зруйнованого у 1930 році. На нього були представлені понад 20 фотографій та план розташування на місцевості (із цього й будимо виходити, створюючи його модель). Отже, в результаті виконання описаних вище дій була отримана первинна основа.

Далі необхідно відредагувати форму основи, керуючись наявними фотографіями. Виконавши аналіз фотографій, вносимо корективи у форму. Малюємо необхідні елементи споруди, використовуючи інструменти панелі інструментів Drawing та редагуємо форми використовуючи функцію Push/Pull. Після цього споруда набуває більш реалістичні форми.

Далі виконуємо детальну обробку стін та куполів. Для скорочення часу, витраченого на побудову моделі, деталі, що повторюються, наприклад, вікна, можна копіювати та перетягувати у необхідне положення за допомогою

інструменту Move/Copy. Якщо потрібно змінити масштаб елемента, то це можливо зробити за допомогою функції Scale. Моделюючи вікна, майбутній скляний вітраж для них, заливаємо блакитними кольорами з легкою прозорістю, використовуючи інструмент для заливання – Paint Bucket. Для того, щоб встановити прозорість заливання, необхідно зайти в редактор заливання Edit Materials і установити необхідний рівень прозорості.

У результаті одержуємо стіну з вікнами й вітражами. Стіни також фарбуємо за допомогою заливання. При виконанні заливання площини важливо звернути увагу на те, чи лицьовою стороною вона звернена назовні. У SketchUp площина має лицьову й зворотню сторону, тому якщо була залита не лицьова сторона – то при конвертації заливання не зберігається.

Переходимо до самої складної частини проектування будинку. Складність даного елемента полягає в насиченості дрібними деталями і їхнім розташуванням у різних площинах (Малюнок 2).

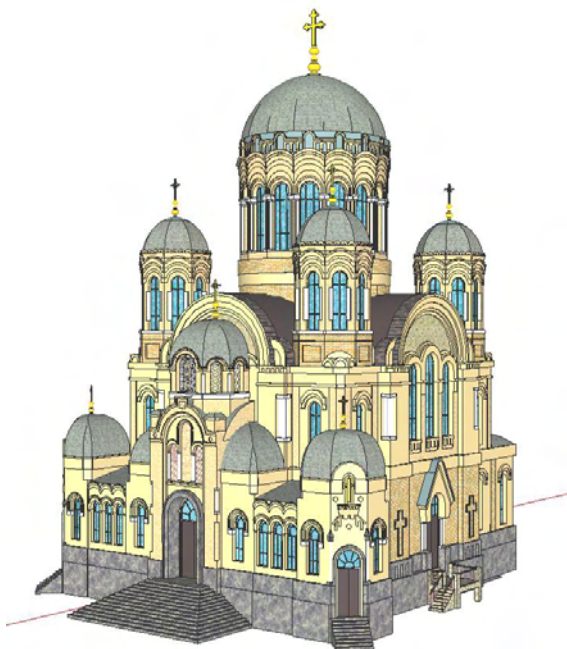


Мал. 2. Вигляд споруди після виконаних описаних дій.

Для зручності роботи використаємо функції Orbit і Pan, що дозволяють легко обертати й пересувати модель. Також можемо редагувати наш об'єкт не тільки ззовні, але й зсередини. Але це в даній роботі буде зайвим.

Таким чином, виконавши ряд дій й операцій, одержуємо готову тривимірну модель будинку (Малюнок 3), орієнтовану в місцевій системі координат, яка і дозволяє проводити певний аналіз, а також оцінити деякі її властивості.





Мал. 3. Готова тривимірна модель Миколаївського собору.



Мал. 4. Фото Миколаївського собору кінця XIX ст.

Оскільки кінцевий результат моделювання буде представлений у додатку ArcGis 9.3 – ArcScena, то створену модель необхідно експортувати в Feature Class типу MultiPatch. Даний тип підтримує тривимірні об'єкти із збереженням текстур і прив'язки. Тому, за допомогою вкладки Export – 3D Model експортуємо модель у новий Feature Class, або вказується вже існуючий. Рекомендується експортувати модель у заздалегідь створену базу геоданих. В результаті конвертації можливі деякі втрати кольорів або контрастності заливань та текстур. Це пояснюється тим, що дані програми працюють по різних принципах виконання графічного відображення.

Тривимірне подання рельєфу, будинків, споруд, елементів інфраструктури й інших географічних і просторових об'єктів дозволяє відійти від виду на місцевість «зверху», характерного для карт та планів, і відтворити ландшафт, архітектуру споруд і взаємне розташування об'єктів у звичному для людини ракурсі, зберігши при цьому їхню географічну точність і вірогідність. Перехід до тривимірного подання територій та об'єктів у довільному ракурсі й масштабі відкриває нові перспективи перед архітекторами, ландшафтними дизайнерами, проектувальниками. Тривимірні моделі об'єктів, що упроваджуються в 3-вимірний ландшафт, спроектований на основі цифрових картографічних даних і матеріалів дистанційного зондування, дозволяють підвищити якість візуального аналізу території і забезпечують можливість прийняття зважених рішень з більшою ефективністю. Це веде до розширення кола користувачів, для яких тривимірне моделювання стає не тільки корисним, але й необхідним.

Створені на основі вище описаного методу моделі центру м. Харкова трьох зрізів часу (XVIII ст., кінця XIX ст. та початку XXI століття) може використовуватися при вивчення історії розвитку міста.



Мал. 5. Тривимірна модель центру м. Харків XVIII століття

## Література

1. *Альбом старинных планов г. Харькова, снимков его видов и портретов его деятелей: 6 Приложение ко 2-му тому «Истории города Харькова», составленной проф. Д. И. Багалеем и Д. П. Миллером / Д. И. Багалей, Д. П. Миллер – [Репринтное издание]. – Х., 1993.*
2. *Багалей Д. И. История города Харькова за 250 лет его существования (1655–1905). [Ист. Монография]. В 2-х т. – Т. 1 / Д. И. Багалей, Д. П. Миллер. – Репринт. Изд. – Х., 1993.*
3. *Багалей Д. И. История города Харькова за 250 лет его существования (1655–1905). Ист. монография . В 2-х т. Т. 2 / Д. И. Багалей, Д. П. Миллер. – Х., 1993.*
4. *Бараниченко В. С. Трехмерное моделирование и фотореалистическая визуализация городских территорий / В. С. Бараниченко // ArcReview. – 2002. – №7. – С. 12.*
5. *Берлянт А. М. Виртуальные геоизображения / А. М. Берлянт. – М.: Научный мир, 2001.*
6. *Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления / В. Г. Болтянский. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1966.*
7. *ГИС'97. Программно-аппаратное обеспечение, фонд цифрового материала, геоинформатика в России, ежегодный обзор. – М.: ГИС-ассоциация, 1997.*
8. *Касьянов О. В., Толчевская А. Е. Технологии создания трехмерных навигационных карт / О. В. Касьянов, А. Е. Толчевская. – Харьков: ООО «ГИСИНФО», 2007.*
9. *Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации / А. А. Никитин. – М.: Недра, 1986.*
10. *Руководство пользователя по ГИС «MapInfo». – Troy, New York: MapInfo Corporation, 1993.*
11. *Толчевская А. Е. Зачем нужны трехмерные модели / А. Е. Толчевская. – Х: ООО «ГИСИНФО», 2008.*
12. *Петелин, А. О. Просто SketchUp. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prosketchup.narod.ru/>. Дотуп – 19.03.2010 г.*
13. *Допоміжна інформація про Google SketchUp. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sketchup.org.u/>. Доступ – 19.03.2010 г.*