



НОВ БЪЛГАРСКИ УНИВЕРСИТЕТ

Департамент „Архитектура“

Департамент „Дизайн“

Департамент „Изкуства изкуства“

СБОРНИК

НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ



5 | 2017–2018

2. Цифрово тримерно архитектурно заснемане на традиционни български къщи – взаимодействие и превръщане на данни между софтуера

Климен Иванов
департамент „Архитектура“
програма „Архитектура“, НБУ

How to cite APA:

Ivanov, K. (2017-18). Tzifrovo arhitekturno zasnemane na traditzionni bulgarski kasti – wzaimodejstvie i prevrastane na danni mezhdu softuera. In Sbornik nauchni publikacii – Departament Dizain i Arhitektura (Vol. 5, pp. 19-29), Sofia: New Bulgarian University. (original title in Bulgarian: Иванов, К. Цифрово тримерно архитектурно заснемане на традиционни български къщи – взаимодействие и превръщане на данни между софтуеъра. От Сборник научни публикации - Департамент Дизайн и Архитектура (Брой 5, стр. 19-29). София: Нов български университет).

ISSN 1314-7188

Цитиране APA:

Иванов, К. (2017-18). Цифрово тримерно архитектурно заснемане на традиционни български къщи – взаимодействие и превръщане на данни между софтуеъра. От Сборник научни публикации - Департамент Дизайн и Архитектура (Том 5, стр. 19-29). София: Нов български университет.

ISSN 1314-7188

Това изследване проучва взаимодействието и превръщането на данни между софтуера за тримерно фотограметрично заснемане и софтуера за Информационно моделиране на сградата (*Building Information Modelling – BIM*). То се основава на изследване на пример (*Case study*) върху една съществуваща традиционна българска къща. То предлага изпитан и надежден алгоритъм за работата, който да се прилага в практиката при цифрово документиране и опазване на културното и историческо наследство.

Ключови думи: *Културно наследство, Традиционни къщи, Фотограметрия, Информационен модел на сградата, ArchiCAD.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В нашето съвремие съществуват множество различни видове софтуер, посветени на специфични задачи в проектирането – сканиране, моделиране, чертане и изчисления, с ограничена взаимовръзка помежду им. Всеки от тях използва свой собствен файлов формат, който в повечето случаи не се разпознава от останалия софтуер. Такова разминаване създава проблеми дори да е ограничено само в една сфера на науката, например архитектурното проектиране. Но то води до истинска криза, когато се обхващат няколко различни сфери, като например архитектурното проектиране и опазването и възстановяването на културното наследство. На този казус е обърнато внимание и от службата за наука и знание на Европейската комисия – Обединеният център за изследвания (*Joint Research Centre – JRC*):

„Ако членовете на екипа на даден проект не могат да имат достъп до точна, пълна и навременна информация, те не могат да дадат най-добрия резултат по най-продуктивния начин.“¹ (Poljanšek, 2017, p. 3)

Тази статия представя едно приложно изследване върху взаимодействието и обмена на данни между софтуера за тримерно заснемане и софтуера за Информационно моделиране на сградата (*Building Information Modelling – BIM*). То би било от полза за следните научни сфери: геодезия и фотограметрия, архитектурно проектиране, строителство и опазване и възстановяване на културното наследство.

Обектът на това изследване са различните възможни и необходими превръщания (конвертирания) на първоначалните данни, получени чрез софтуер за тримерно фотограметрично заснемане, докато те станат подходящи за използване със софтуер за архитектурно тримерно Информационно моделиране на сградата. Въпреки напредъка на съвременните технологии, за повечето софтуер все още не е възможно да обменят данни директно. Вместо това, за да може крайният софтуер да прочете данните на първоначалния софтуер, са необходими различни превръщания, състоящи се от един, два или повече цикли.

Целта на това изследване е да определи подробна методология за прехвърляне на данни между софтуера за тримерно фотограметрично заснемане и софтуера за архитектурно Информационно моделиране на сградата, който да осигури безупречен алгоритъм за работа за прилагане при цифрово документиране и опазване на културното наследство в бъдеще. Защото *„един единствен софтуер не може да задоволи всички нужди на потребителя и най-добрият начин да се управлява и работи с културно наследство или съществуващи сгради и данни от заснемане е да се създаде подход, който комбинира различни методологии, техники и софтуер“* (Tommasi, Achille, &

¹ „If individual project team members cannot access accurate, complete and timely information, then they cannot deliver the best result in the most productive manner.“

Fassi, 2016, p. 436)². Изследването обхваща най-популярните софтуерни пакети и най-разпространените файлови формати.

Изследването се фокусира само върху цифровите технологии и данни, като един съвременен начин за придобиване и обработка на информация, в противоположност на графичния двумерен начин на работа. Този подход се подкрепя също и от Георги Георгиев:

„Създаването на графични възстановки е един остарял подход, използван за изучаване на паметниците. Той се е прилагал преди появата на цифровите електронни технологии.“ (Georgiev, 2018, p. 7)³

КЪЩАТА

За целта на изследването е избрана съществуваща къща. Това е Сребровата къща, намираща се в град Шумен в северна България. Къщата е типичен пример за местната жилищна архитектура от 19. век като част от националното културно наследство. Тя е обявена за недвижима културна ценност (*ил. 1*).

Къщата е избрана заради нейните размер, ниво на архитектурен детайл и рисувана украса. Тя не е нито малка, нито много голяма, така че е подходяща за заснемане и осигурява достатъчно материал за анализ. Тя разполага с множество тримерни архитектурни детайли без те да преобладават. Тя има също и рисувана стилизирана украса в три цвята за допълнителни тестове.

Резултатите от фотограметричното заснемане могат да бъдат съпоставени с класическо архитектурно заснемане. Поради факта, че сградата е недвижима културна ценност, през 1972 година ѝ е направено пълно заснемане. Архитектурните чертежи от него ни бяха любезно предоставени от местната община.

В допълнение, други архитектурните чертежи на къщата – разпределения, разрези и фасади, са публикувани в авторитетната книга „Шуменски възрожденски къщи“ на Рашел Ангелова (Ангелова, 1965). Те осигуряват ценна допълнителна информация за сравнение.

СОФТУЕР ЗА ТРИМЕРНО ФОТОГРАМЕТРИЧНО ЗАСНЕМАНЕ

Фотограметрията е доказан и надежден метод за заснемане. В аналоговата си форма тя се използва съвместно с класическото заснемане в архитектурата и геодезията за целите на документирането и архивирането на културното и историческо наследство. В наши дни тя преживява въз-



Ил. 1. Сребровата къща

2 a single „software can't be able to reach all the users' needs, and that the best way to manage and work with Cultural Heritage or the existing buildings and the survey data is to create an approach that combines different methodologies, techniques and software”

3 „The creation of graphic reconstructions is an old approach that is used for studying of the monuments. It was applied well before the emergence of digital electronic technologies.”

раждане благодарение на бума в развитието на новите цифрови технологии. „Тримерното сканиране по фотограметричен метод е съвременен, бърз и точен метод за трансформиране на физическите параметри на даден обект в електронен формат – тримерен модел.“ (Georgiev, 2018, стр. 8)⁴ Използването на цифрови фотоапарати в комбинация с дронове, ѝ позволява да се съревновава с утвърдените методи за лазерно сканиране. Фотограметрията се доказва като по-бърза и по-евтина нова технология, която е много по-лесно да бъде приложена в практиката. „В сравнение с технологията за лазерно сканиране фотограметричните методи за тримерно заснемане на архитектурни обекти имат по-голямо предимство. Това се дължи основно на голямата разлика в стойността, необходима за прилагането на двете алтернативни технологии.“ (Georgiev, 2018, р. 9)⁵

На основата на изложените по-горе причини, цифровата фотограметрия бе избрана за основен метод за заснемане и обработка на данните за това изследване. Заснемането е направено с цифров огледално-рефлексен фотоапарат, монтиран на дрон, и данните са контролирани чрез геодезически измервания с тотална станция. Фотограметричният софтуер е *Bentley ContextCapture*.

СОФТУЕР ЗА ИНФОРМАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ НА СГРАДАТА

Използването на софтуер за създаване на Информационен модел на сградата набра популярност през изминалото десетилетие. На български софтуерът е по-известен с английското си съкращение *BIM*, което означава *Building Information Modelling*. Концепцията се основава на информационен модел, който съдържа в себе си пълния набор от данни относно даден архитектурен проект плюс допълнителни данни от други сфери и специалности. Потенциалът на този вид софтуер е признат и от Обединения център за изследвания (*Joint Research Centre – JRC*)⁶ на Европейската комисия, който работи за неговото въвеждане в процеса на проектиране и строителство. Според тях, информационният модел на сградата е:

„платформа за интегрирано проектиране, моделиране, планиране и съвместна работа. Тя осигурява на всички заинтересувани цифрово представяне на характеристиките на сградата по време на целия ѝ жизнен цикъл и по този начин удържа обещанието за голяма ефективност.“ (Poljanšek, 2017, р. 2)⁷

От Информационния модел на сградата могат да бъдат генерирани различни комплекти от проектна документация под формата на архитектурни чертежи, детайли, тримерни модели, визуализации, количествени сметки и други. Тази интегрирана система от данни прави Информационния модел на сградата изключително подходящ за цифрово документиране и опазване на културното наследство, тъй като той „притежава преимуществото да съхранява и управлява вътре в него сложна база от данни, която може да бъде допълвана с времето и да се използва при проектиране или реставрация“ (Palestini, Basso, & Graziani, 2018, р. 2)⁸. Така той променя традиционното

4 „3D scanning by photogrammetric methods is a modern, fast and accurate method for transforming the physical parameters of an object into an electronic format – a 3D digital model!“

5 „The greater is the advantage of photogrammetric methods for three-dimensional capture of architectural objects compared to laser scanning technology. This is mainly due to the huge difference in costs needed to implement the two alternative technologies.“

6 <https://ec.europa.eu/jrc/en>

7 „a platform for central integrated design, modelling, asset planning and cooperation. It provides all stakeholders with a digital representation of a building’s characteristics in its whole life-cycle and thereby holds out the promise of large efficiency gains.“

8 „possesses the prerogative to host and manage within it a complex data-base, implementable over time and useful in any planning or restoration“

разбиране за архитектурно проектиране, при което се използват макети и отделни чертежи за разпределения, разреза и фасади. Благодарение на Информационния модел на сградата процесът на проектиране еволюира от „чертане“ през „моделиране“ до „измисляне“.

Избраният софтуер за Информационно проектиране на сградите е *ArchiCAD*, версия 22 *EDU*. Той се разработва от фирмата *Graphisoft*, която е част от германската група *Nemetschek*. Той е един от първите *BIM* софтуер (Logothetis, Delinasiou, & Stylianidis, 2015, p. 177) и днес все още е един от най-добрите. *ArchiCAD* е основният софтуер в Магистърска програма „Архитектура“ на Нов български университет. Той е също и основният софтуер, който аз използвам в моята проектантска практика повече от двадесет години. В професионалната литература през последните няколко години преобладава мнението, че *ArchiCAD* „няма инструменти за импортиране на данни от заснемане като гео-реферирани ортографски образи, облаци от точки [и други.]“ (Brusaporci, 2015, p. 252)⁹ и не притежава достатъчно възможности за тримерно моделиране (Tommasi, Achille, & Fassi, 2016, p. 434). Тези твърдения днес вече не са верни. Програмата работи безпроблемно с облаци от точки, както ще бъде илюстрирано по-нататък, и притежава впечатляващи нови инструменти за тримерно моделиране. Тези негови качества и моето задълбочено познание за него определят *ArchiCAD* като много подходящ за това изследване.

АЛГОРИТЪМ

В това изследване фокусът е само върху процеса на прехвърляне на данните от тримерното фотограметрично заснемане, наричани „изходен модел“, в софтуера за Информационно моделиране на сградата. Целта е да бъдат прехвърлени данните от изходната към крайната програма с използване на възможно най-малък брой допълнителни (трети) програми и превръщания (конвертирания) на файлови формати.

Изходният модел от софтуера за тримерно фотограметрично заснемане се предлага в два варианта – подреден облак от точки и триангулиран меш (mesh)¹⁰. Облакът от точки е във файлов формат *.las*, а мешът е във формат *.obj*.

Файлът *.las* е с размер 1799 MB. Файлът *.obj* е с размер 949 MB и пристига в комплект със 16 растерни файла във формат *.jpg*, всеки с размер от 50 MB, общо 1930 MB.

Компютрите, използвани в това изследване, могат да се смятат за мощни, но въпреки това относително достъпни, машини в момента. Така че, ако някои процеси не могат да бъдат изпълнени, това не се дължи на недостиг на изчислителна мощност. Компютрите са:

- Процесор Intel i7, 8-мо поколение, 32 GB RAM, SSD диск, NVIDIA GeForce GTX 1060 видео карта;
- Процесор Intel i7, 6-то поколение, 32 GB RAM, SSD диск, NVIDIA GeForce GTX 960 видео карта.

ПРЕХВЪРЛЯНЕ НА ОБЛАК ОТ ТОЧКИ В ARCHICAD

Цел: Облак от точки – допълнителен софтуер – ArchiCAD

Програмата *ArchiCAD* може да отваря¹¹ облак от точки директно, ако той е във файлов формат *.xyz* или *.e57* (Graphisoft, 2015, p. 35). Тази възможност бе въведена във версия 19, излязла през

9 no tools for importing survey data such as geo-referenced orthographic images, point clouds [etc.]”

10 В литературата на български език няма приет термин за „mesh“, поради което тук ще се използва буквалното наименование „меш“.

11 При обмен на файлове *ArchiCAD* използва термините „отваряне“ и „запазване като“, докато *3ds Max* използва „импортиране“ and „експортиране“.

2016 година. Изходният файл във формат *.las* трябва да бъде обработен с допълнителен (трети) софтуер и превърнат (конвертиран) в някой от тези формати.

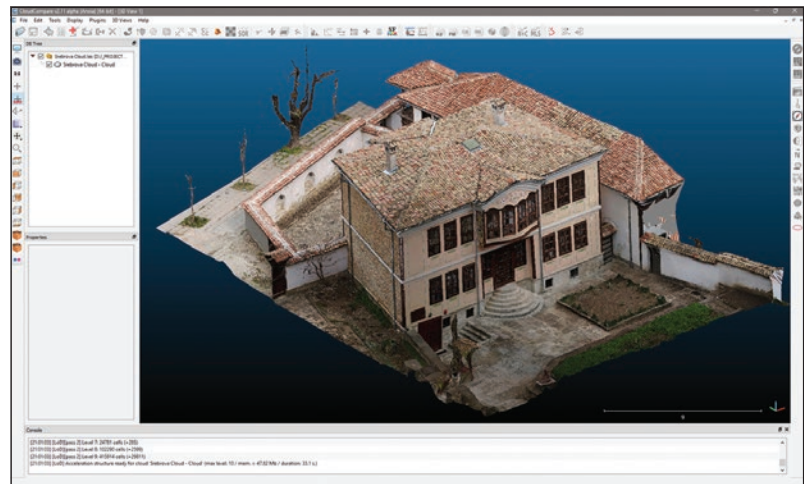
.las – LAsTools – .xyz – ArchiCAD

Най-популярната програма за работа с *.las* файлове е програмата с отворен код *LAsTools*¹², която представлява софтуер за обработка на *LiDAR* данни. Тя е известна с нейната лекота и бързина, но интерфейсът ѝ изглежда като остатък от *DOS* ерата. Като архитект, свикнал с графичните интерфейси на *ArchiCAD* и продуктите на *Adobe*, аз го намерих за прекалено неинтуитивен и труден за използване. В търсенето на плавен и удобен за ползване алгоритъм за работа, се наложи да се огледам за алтернатива.

.las – CloudCompare – .xyz – ArchiCAD

Програмата с отворен код *CloudCompare* е софтуер за обработка на тримерни облаци от точки и мешове. Тя се доказва като много интуитивна и лесна за употреба (ил. 2).

Файлът *.las* бе превърнат в файл *.xyz* чрез програмата *CloudCompare*¹³. Размерът на новия файл *.xyz* е 4035 MB. Той е дори по-голям от този на изходния файл *.las*. Реших да тествам другия файлов формат.

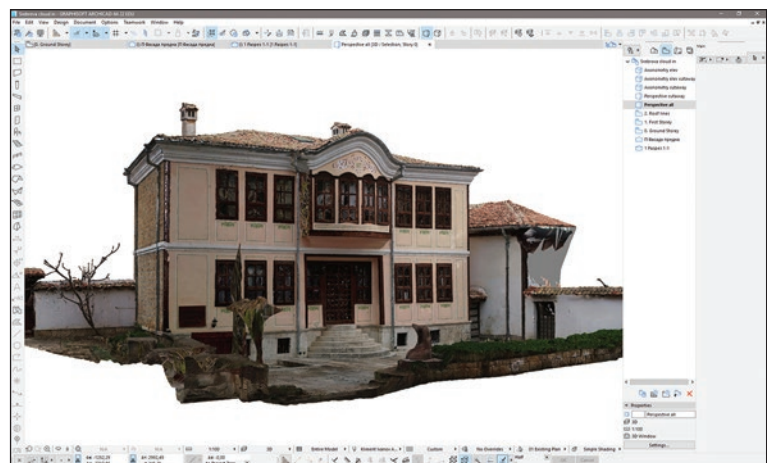


Ил. 2. Облак от точки (*.las*) в *CloudCompare*

.las – CloudCompare – .e57 – ArchiCAD

Файлът *.las* бе превърнат в файл *.e57* чрез програмата *CloudCompare*. Размерът на новия файл *.xyz* е 1042 MB. Той е четири пъти по-малък от файла *.xyz* и значително по-малък от изходния файл.

Файлът *.e57* се отваря в *ArchiCAD* лесно и според инструкциите в ръководството за употреба (ил. 3). Размерът на файла в присъщия¹⁴ му формат *.pln* е само 6,7 MB. В допълнение, за облака от точки автоматично се създава външна библиотека във формат *.lcf*, която е с размер 1038 MB. Фактът, че облакът от точки не се запазва в файла *.pln*, позволява бърза и безпроблемна работа в програмата.



Ил. 3. Облак от точки (*.e57*) в *ArchiCAD v22 EDU*

12 <http://lastools.org/>

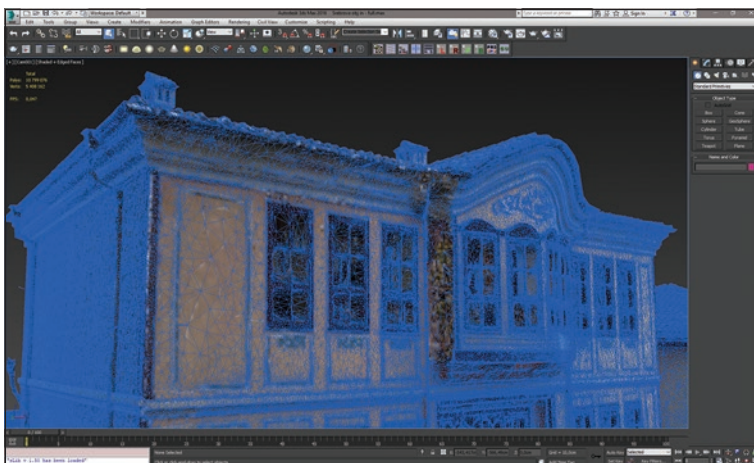
13 www.cloudcompare.org

14 Английският термин „native file format“ се превежда като „присъщ файлов формат“ – мой превод.

ПРЕХВЪРЛЯНЕ НА МЕШ ОБЕКТ В ARCHICAD

Цел: Меш обект – допълнителен софтуер за тримерно моделиране – ArchiCAD .obj – 3ds Max – .3ds – ArchiCAD

Една от най-популярните програми за тримерно моделиране и визуализации в България е *Autodesk 3ds Max*. Тя може директно да отваря меш обекти във формат *.obj*, но не може да отваря облаци от точки.



Ил. 4. Меш моделът (.obj) в 3ds Max 2016

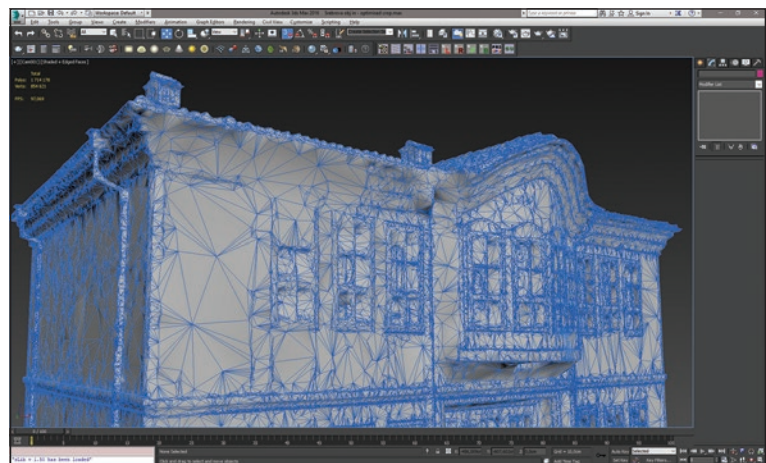
Програмата отваря без затруднения файла *.obj* и автоматично открива съответните растерни файлове (текстури), намиращи се в същата папка (ил. 4). Тексурите се задават като *Multi/Sub-Object material*. Запазеният файл в присъщия му формат *.max* е 448 MB. Моделът е с изключително висок брой полигони – 10,8 милиона.

Първоначалният план бе моделът да се експортира във формат *.3ds*, защото така може да бъде отворен в *ArchiCAD* като библиотечен елемент (*Library Part*), чрез раз-

ширение на програмата (*add-on*¹⁵), предоставяно от Graphisoft. Това е присъщият файлов формат на първите версии на програмата *Autodesk 3D Studio DOS* и се използва широко за обмен на тримерни файлове. Опитът за експорт на модела във формат *.3ds* бе неуспешен поради ограничението, броят на фасетите да не бъде по-голям от 64 хиляди¹⁶. За да се намали изключително големия брой на полигоните, формите, които не са част от къщата, като дървета и огради, бяха премахнати (орязани). В допълнение, бяха приложени вградените модификатори *Optimise* и *ProOptimiser* с висока стойност. Меш моделът стана значително неточен (ил. 5), но моделът все още съдържа повече от 1,7 милиона полигона. Опитът за експорта му във формат *.3ds* отново бе неуспешен. В заключение, програмата *3ds Max* не може да експортира много сложна геометрия във файлове във формат *.3ds*.

.obj – 3ds Max – .dwg – ArchiCAD

Алтернативен вариант е да се експортира меша от *3ds Max* като файл *.dwg*. Това е присъщият файлов формат на програмата *Autodesk AutoCAD*. Той е широко използван за прехвърляне на двумерни и тримерни данни между програми за чертане и моделиране. Опитът за експорт в *.dwg*



Ил. 5. Меш моделът (.obj) в 3ds Max 2016 – оптимизиран и орязан

¹⁵ Терминът „add-on” в ArchiCAD съответства на популярния термин „plug-in”.

¹⁶ „Object (...) has too many faces (more than 64K) to export.” – съобщение от 3ds Max.

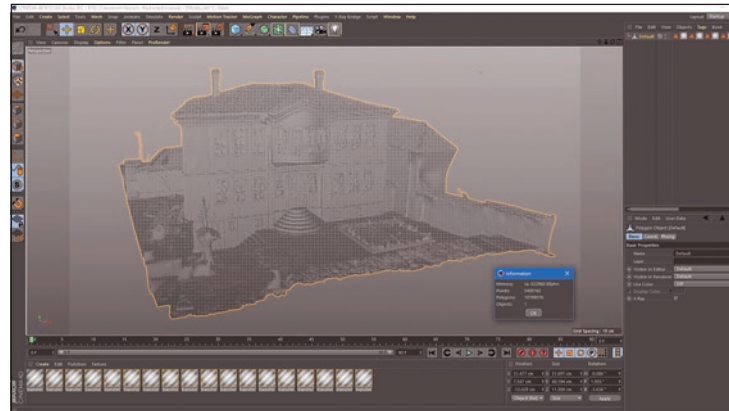
бе неуспешен, като нямаше допълнителни съобщения, и резултатът бе празен *.dwg* файл. В заключение, *3ds Max* не може да експортира много сложна геометрия във файлове във формат *dwg*.

.obj – Cinema 4D – .c4d – direct connection – ArchiCAD

Програмата *Maxon Cinema 4D* се разработва също от групата *Nemetschek*. Тя е програма за тримерно моделиране и визуализиране. *ArchiCAD* може директно да отваря нейния присъщ файлов формат *.c4d*. Между тях има също и пряка връзка чрез разширението *Cinema 4D Exchange*, въведено от *ArchiCAD v16*.

Програмата отваря без затруднения файла *.obj*. Броят на полигоните е същият – 10,8 милиона (ил. 6). Запазеният файл *.c4d* е 634 MB.

Опитът файла *.c4d* да бъде отворен в *ArchiCAD* бе неуспешен. Опитът да бъде отворен друг файл, съдържащ малка орязана част от модела с 0,5 милиона полигона, също бе неуспешен. Това вероятно се дължи на огромния брой полигони, защото в ръководството за *ArchiCAD v16* за импортиране се препоръчват „обекти, съдържащи по-малко от 20 000 полигона“¹⁷ (Graphisoft, 2012).



Ил. 6. Меш моделът (*.obj*) в *Cinema 4D R19*

.obj – Cinema 4D – .3ds – ArchiCAD

Програмата *Cinema 4D* може да експортира големи модели във файлов формат *.3ds*, за разлика от *3ds Max*. Аз съм запознат отпреди с този заобиколен начин на работа от моята практика.

Моделът се запази безпроблемно във формат *.3ds*. Размерът му е 281 MB.

Опитът за отварянето му в *ArchiCAD* бе неуспешен, като завърши след продължително изчакване, без съобщения от програмата.

.obj – SketchUp – .skp – ArchiCAD

Програмата *Trimble SketchUp* е проста и интуитивна, и е обичана от студентите по архитектура. Нейният присъщ файлов формат е *.skp*. Той може да бъде отварян директно от *ArchiCAD*.

SketchUp може да отваря *.obj* файлове чрез разширения за програмата от други разработчици¹⁸. Едно от тях е *SimLab OBJ importer for SketchUp*. То е налично като тестова версия (*trial version*) за 30 дни. Опитът да бъде отворен файла *.obj* с него в *SketchUp* бе неуспешен, като процесът спря без съобщения. Не бе открита официална информация за ограничения за броя на полигоните.

Друго разширение е *FluidImporter Pro*. То е налично като тестова версия за 5 дни. Опитът да бъде отворен файла *.obj* с него също бе неуспешен, но то показва съобщение, че импортът се е провалил. Не бе открита официална информация за ограничения за броя на полигоните.

В заключение, не бе възможно да бъде тествано дали *ArchiCAD* може да отваря големи *.skp* файлове, защото разширенията на *SketchUp* не могат да отварят големи *.obj* файлове.

.stl – ArchiCAD

Файловият формат *.stl* е най-използваният формат за стереолитография – един от методите за създаване на тримерно принтирани продукти. Той може да се отваря директно в *ArchiCAD*. Файловият формат се поддържа от фотограметричния софтуер, така че той може да бъде разглеждан като изходен файлов формат. Ако файлът може да бъде отворен в *ArchiCAD*, това би била най-

¹⁷ „objects, containing fewer than 20 000 polygons“

¹⁸ Терминът „extension“ в *SketchUp* съответства на популярния термин „plug-in“.

пряката връзка между двата софтуера.

Файлът е с размер 527 MB. Това е най-малкият от всички изходни файлови формати.

Опитът да бъде отворен файла *.stl* в *ArchiCAD* бе неуспешен.

.obj – Rhino – .3dm – direct connection – ArchiCAD

Програмата *Rhinoceros*, или само *Rhino3D*, е широко използвана по целия свят от студенти по архитектура и дизайн, както и от професионалисти. Тя е програма за тримерно моделиране и визуализации, базирана на *NURBS* технологията. Нейният присъщ файлов формат е *.3dm*. *ArchiCAD* притежава вградена „жива“ връзка с нея (въведена от *ArchiCAD v18*) и може да директно да отваря и запазва в нейния файлов формат. „*ARCHICAD може да чете и записва присъщия RHINO (3dm) файлов формат, като подсигурява начин на работа с „референтен модел“ между двете програми.*“¹⁹ (Graphisoft, 2019) Освен това, програмата е високо оценена и от други изследователи. (Tommasi, Achille, & Fassi, 2016).

До крайния срок за тази статия аз не успях да се сдобия с копие от програмата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинацията от софтуер за фотограметрично архитектурно заснемане и Информационно моделиране на сгради се доказва като впечатляващо успешна за документиране и опазване на жилищни сгради, които са част от културното наследство. И двата вида софтуер показват значително развитие по отношение на точността на заснемането, възможностите за тримерно моделиране и взаимодействието между програмите.

Взаимодействието, или обмяната на данни между различни видове софтуер, е изключително важен фактор за установяване на плавен и надежден алгоритъм за работа. Намалването на броя на компютърните програми, необходими за завършване на един проект, е от огромна важност:

- То допринася за намаляване на времето за работа – превключването между отделните програми пилее ценни ресурси, които могат да бъдат използвани за работа по самия проект.
- То подобрява удобството за ползване – потребителите не е необходимо да научават нови програми, само за да конвертират един файл, а могат да продължат да използват тези, които познават.
- То увеличава възможността за придобиване на програмите – повечето професионалисти не могат да си позволят да закупят всичките тези програми, включително и аз.

Днес се още не е възможно да се използва само една програма за всичките сложни задачи в сферата на документирането и опазването на културното и историческото наследство. Необходимостта да се използват две и повече програми изисква надежден алгоритъм за работа при обмена и преобразуването на данните, за да се преодолее разминаването между различните видове софтуер.

БЕЛЕЖКИ

Това изследване е финансирано от Фонд „Научни изследвания“ и Нов български университет, съгласно „Европейска програма за сътрудничество в областта на научните изследвания и технологиите (COST)“.

¹⁹ „ARCHICAD is able to read and write native RHINO (3dm) file format, enabling a “reference model” workflow between the two applications.”

Търговският софтуер за изследването е използван чрез академични лицензи за преподаватели и в компютърните лаборатории на Нов български университет. Всичкият останал софтуер е използван чрез тестови версии.

Библиография:

1. Logothetis, S., Delinasiou, A., & Stylianidis, E. (2015). Building information modelling for cultural heritage: a Review. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. II-5/W3*. Taipei: 177-183.
2. Brusaporci, S. (Ред.). (2015). *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation* (1 изд.). IGI Global.
3. Georgiev, G. (2018). Digitalization of Bulgarian Cultural Heritage. *Journal of Economic Development, Environment and People*, 8(1), 6-17. doi:<http://dx.doi.org/10.26458/jedep.v8i1.606>.
4. Graphisoft. (2012). *Cinema 4D Exchange Add-On*. Изтеглено на 01 05 2019 г. от Graphisoft Help Center: <https://helpcenter.graphisoft.com/knowledgebase/25718/>
5. Graphisoft. (2015). *ArchiCAD 19 New Features*. Graphisoft.
6. Graphisoft. (2019). *Working With Rhino 3D Models*. Изтеглено на 01 05 2019 г. от Graphisoft Help Center: <https://helpcenter.graphisoft.com/graphisoft-archives/55667/>
7. Palestini, C., Basso, A., & Graziani, L. (2018). Integrated photogrammetric survey and BIM modelling for the protection of school heritage, applications on a case study. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2*, стр. 821-828. Riva del Garda.
8. Poljanšek, M. (2017). *Building Information Modelling (BIM) standardization*. JRC Science Hub. European Union: JRC Science Hub.
9. Tommasi, C., Achille, C., & Fassi, F. (2016). From point cloud to BIM: A modelling challenge in the cultural heritage field. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5*, стр. 429-436. Prague.
10. Ангелова, Р. (1965). *Шуменски възрожденски къщи*. София: Издателство на БАН.

Илюстрации:

Ил. 1. Сребровата къща – фотография © jspstil.com

Ил. 2. Облак от точки (.las) в CloudCompare © Климент Иванов

Ил. 3. Облак от точки (.e57) в ArchiCAD v22 EDU © Климент Иванов

Ил. 4. Меш моделът (.obj) в 3ds Max 2016 © Климент Иванов

Ил. 5. Меш моделът (.obj) в 3ds Max 2016 – оптимизиран и орязан © Климент Иванов

Ил. 6. Меш моделът (.obj) в Cinema 4D R19 © Климент Иванов