



Получена: 26.11.2020 г.

Приета: 03.12.2020 г.

## ПАРАМЕТРИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА КИНЕТИЧНА ФАСАДА – ПРЕСЪЗДАВАНЕ НА ЗАСЕНЧВАЩИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА AL BAHAR TOWERS, АБУ ДАБИ, ОБЕДИНЕНИ АРАБСКИ ЕМИРСТВА

Д. Дамов<sup>1</sup>

*Ключови думи: параметрична архитектура, кинетична фасада, засенчващи елементи*

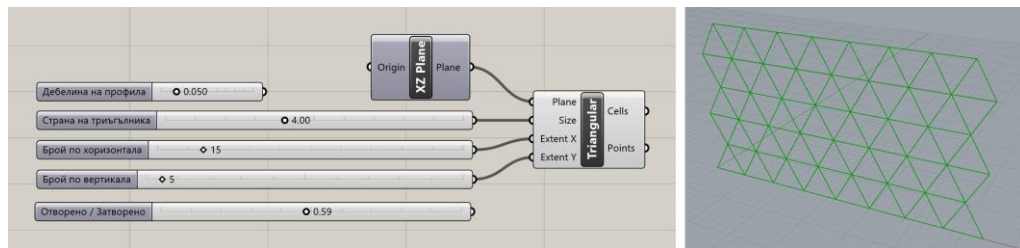
### РЕЗЮМЕ

Разглежда се проектирането на фасадните панели на кулите Ал Бахар (Al Bahar Towers), като авторът пресъздава обобщен параметричен модел на геометрията им и онагледява някои от възможните функции, които предлага средата на параметрично моделиране. Формата на засенчващите елементи на кулите е инспирирана от традиционните за арабската жилищна архитектура машарабуя (مشربية). Освен изграждане на геометричен модел, авторът е изследвал и чрез какви механизми е възможно да се контролират панелите в средата на параметричното моделиране. Параметърът, който отговаря за степента на сгъване на елементите, е отделен и са демонстрирани три варианта – използване на една стойност за сгъване на всички елементи; градиентно, плавно преминаване от напълно затворени към напълно отворени елементи чрез контролни точки; анализиране на графично изображение за генериране на индивидуални стойности. Авторът предлага метод на изграждане на параметрични модели, при който кодът е структуриран в малки, ясни структури. Макар да е допълнителна стъпка, това структуриране улеснява работния процес, тъй като намалява значително времето за вникване в структурата на проекта от лица, различни от първоначалния проектант, и също така позволява повторното използване на цели групи от кода на модела. Финалният резултат на изследването е параметричен, триизмерен модел, контролиран изцяло от различни по вид параметри и експлицитни функции. Използваният софтуер е: Rhinoceros 6, Grasshopper, 3DS Max 2020 и V-ray NEXT.

<sup>1</sup> Дамян Дамов, ас. арх., кат. „Жилищни сгради“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: damian.damov@gmail.com

## 1. Първа стъпка – създаване на основата

Създадена е примерна, вертикална равнина, която ще служи за основа за изграждане на структурата на кинетичната фасада. Постига се с модификатора *XZ Plane* и получената равнина се използва за входяща информация за *Triangular*. Този модификатор създава серия от равностранни триъгълници в дадена равнина. Освен равнина са необходими и параметри за страна (бедро) на триъгълника и брой триъгълници по хоризонтала и вертикала. Освен изброените, са добавени още два параметъра, които ще са необходими на по-късен етап: дебелина на носещия профил на отделните фигури (триъгълници) и степен на отвореност на елементите (фиг. 1).



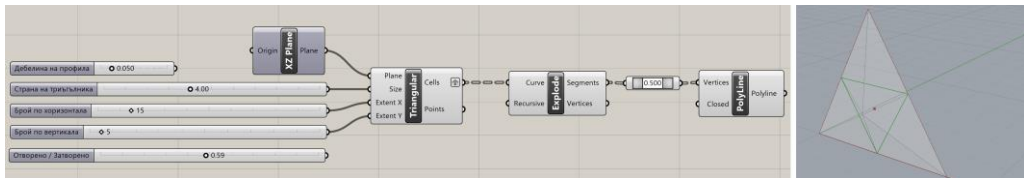
Фиг. 1. Създаване на основа от триъгълници в равнината XZ.

Източник: Схема на автора

При анализиране на използваните в Ал Бахар машарабуя елементи, се забелязва, че те представляват най-общо триъгълници в план. Това, обаче, е случаят, в който те са затворени. Когато фигурите се съгват, за да пропускат светлина, те се свиват от средите на бедрата на отделните триъгълници. Линиите на съгване на засенчващите елементи са общо шест – три от центъра на триъгълника до всеки един от върховете му (ъглополовящи) и три от центъра на триъгълника до средата на всяко едно бедро. На свой ред бедрата се трансформират, като се счупват в средата и тази средна точка се прибира навътре, към центъра на фигурата. Това създава известно „издърпване“ на върховете на триъгълника по ъглополовящата на отделните ъгли, но тъй като тази трансляция е минимална, ще бъде пренебрегната. Тя може да се определи, като се направи сечение между сфери, защото ръбовете, по които стават съгвания, се преместват и в трите измерения, а тяхната дължина остава константна (тоест, ще се използва радиус на сфера). За първоначални изчисления на слънчевото греене и идеен проект това би било допустимо отклонение. За финалния проект се предвижда равнинна рамка в равнината на фасадата (в случая XZ) по ъглополовящите на триъгълника. Предвидени са плъзгачи, които захващат трите ъгъла на машарабуята към тази рамка, а контролът на движението на фигурата се постига чрез механизъм, транслиращ центъра на фигурата перпендикулярно на основната равнина.

Създава се триъгълник, чиито върхове са средите на бедрата на основната фигура. Чрез неговото мащабиране ще се постигне съгването на машарабуята в равнината XZ, като точките на съгване съвпадат с върховете на трансформирания триъгълник. Постига се чрез последователното използване на три модификатора – *Explode*, *Point on Curve* и *PolyLine*. Първата стъпка е използването на модификатора *Graft Data* (визуализира се като стрелка нагоре) на модификатора *Triangular*. Без да се използва *Graft Data* данните са представени в следния вид: геометрията е подредена в групи, чиито брой е равен на броя на триъгълниците по хоризонтала, като във всяка група са включени всички триъгълници, които са един над друг. На представения пример (15 триъгълника по хоризон-

тала и 5 по вертикала) има 15 групи с по 5 елемента всяка. Това обаче създава проблем в йерархията – хоризонталното членение е на по-високо ниво, на ниво група, а вертикалното е на по-ниско – отделни елементи от група, съответно софтуерът ще ги интерпретира по различен начин. *Graft Data* създава възможно най-високо йерархично ниво – данните от групите също са изведени като групи. Информацията за вертикала/хоризонтала продължава да съществува, но под друга форма, а именно в наименованието на групите. Групите вече не се наименоуват  $\{0;0;1\}$ ,  $\{0;0;2\}$ ,  $\{0;0;3\}$ , а  $\{0;0;1;1\}$ ,  $\{0;0;1;2\}$  ...  $\{0;0;2;1\}$ ,  $\{0;0;2;2\}$  и така нататък. Първоначално в наименованието на групите има три числа, като третото число представлява реда по хоризонтала, във втория случай първото число след нулите запазва тази функция, а второто отговаря за реда по вертикала (преди това е било позиция в група). *Explode* разделя геометрията на съставните ѝ части – сегменти и върхове, точки, а резултат във всяка една от по-рано споменатите групи ще има по три бедра на триъгълник и три върха. *Point on Curve* създава точка на зададено място от отсечка. Ако зададем стойност 0,25, то точката ще бъде разположена на  $\frac{1}{4}$  от дистанцията от единия край на отсечката и на  $\frac{3}{4}$  от другия край на отсечката, а при стойност 0,5 точката се разполага в средата на отсечката. След като са налични средните точки на бедрата, те се обединяват в триъгълник чрез модификатора *PolyLine* (фиг. 2).

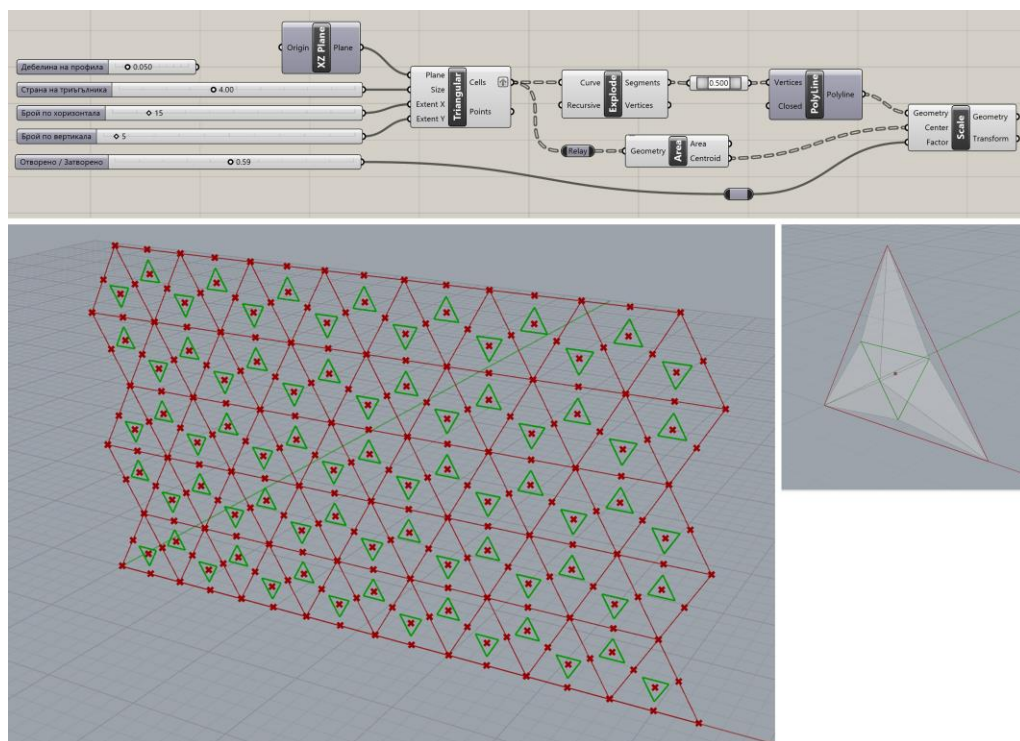


**Фиг. 2.** Върховете на триъгълника (в зелено) представляват подвижните точки на сгъвките на триизмерната фигура (в бледо червено) в равнината XZ.

Източник: Схема на автора

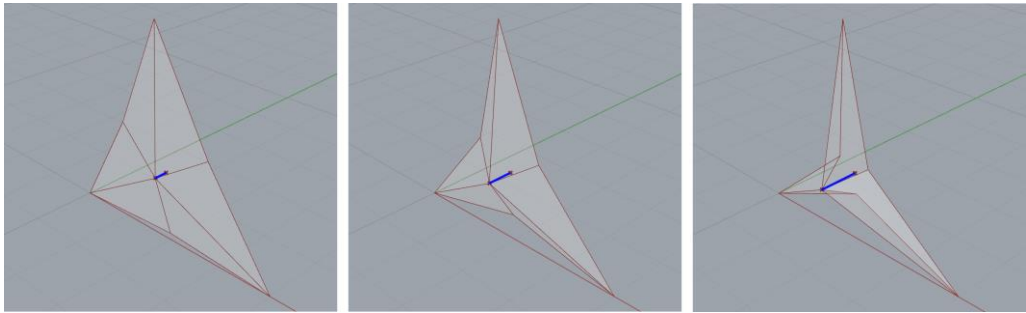
Следващата стъпка е мащабирането на по-малкия триъгълник, по този начин ще се намерят новите координати на средните точки на бедрата на основния триъгълник. Използван е модификаторът *Scale*, който изисква геометрия (*Geometry*), център на мащабирането (*Center*) и коефициент на мащабиране (*Factor*). Геометрията е по-малкият триъгълник, тоест изходящата информация от модификатора *PolyLine*. Центърът на мащабиране е различен за всеки един по-малък триъгълник, но всеки един съвпада с центъра на основния триъгълник, от който произлиза. Използва се модификаторът *Area* с входяща информация масивът от основни триъгълници, съответно изходящата информация отново е масив и съдържа площи и централни точки за всеки един основен триъгълник, като това позволява точките от този масив да се използват за център на мащабирането. Между параметъра, контролиращ степента на отвореност на засенчващите елементи и коефициента на мащабиране е поставен един *Relay* елемент, за да бъде по-лесно заменянето на тази входяща информация на по-късен етап. Резултатът са мащабираните триъгълници, върховете на които са новите позиции на средните точки на бедрата на основните триъгълници (фиг. 3).

Следва определянето на върха на пирамидалната структура, който не е в основната равнина. Той се намира на една линия с центъра на триъгълника. Тази линия е перпендикулярна на основната равнина, в която се намира и самият триъгълник. Тъй като в случая се използва равнината XZ, то перпендикуляр на тази равнина е всеки вектор, успореден на координатната система Y. За да се намери върхът на фигурата, трябва да се създаде линия по известна начална точка, посока и дължина.



**Фиг. 3. Масшабиране на зелените триъгълници – върховете им са новите позиции на средните точки на бедрата на основната фигура.**  
**Източник: Схема на автора**

Използва се модификаторът *Line SDL*, който изисква точно това, като входяща информация, с малкото уточнение, че посоката (векторът) може и да е паралелна отсечка – не е задължително да започва от стартовата точка на линията. Дължината на тази линия е функция на степента на отвореност на машарабуята – при затворен елемент тази дължина е минимална, а когато елементите се сгъват, за да пропускат слънчева светлина, то тази отсечка се удължава, като върхът на фигурата се изнася по-навън от фасадната повърхнина на сградата. Формулата, по която се определя дължината на отсечката е:  $y = 0,8 - 2x/3$ , където  $x$  е степента на отвореност на машарабуята, а  $y$  е дължината на отсечката. Използва се входяща информация за степента на отвореност, (след *Relay* елемента, за да може да се променя по-лесно стойността, като се въвежда нова стойност преди този *Relay* елемент) в комбинация с *Multiplication*, *Division* и *Subtraction*, за да се получи търсената дължина на отсечка. Стойността, получена от тази последователност от модификатори се използва като входяща информация за *Line SDL*, както и центърът на отделните фигури като стартова точка и минус (означен с \* на входящата информация на модификатора *Line SDL*) *Unit Y* за паралелен вектор. Този минус показва, че посоката е противоположна на положителната посока на координатното направление Y (фиг. 4).



**Фиг. 4.** Три степени на сгъване на машарабуя. Със син цвят е показана линията, перпендикулярна на основната равнина. Със сгъването на фигурата, нейната дължина се увеличава.

Източник: Схема на автора

Стъпката завършва с извличане на точки – с *Relay* елемент са прехвърлени върховете на основните триъгълници, а с *Explode* се извличат точките от мащабираните помалки триъгълници. Използва се *End Points*, за да се отдели точката в далечния край на линията, перпендикулярна на равнината на основата (фиг. 5).



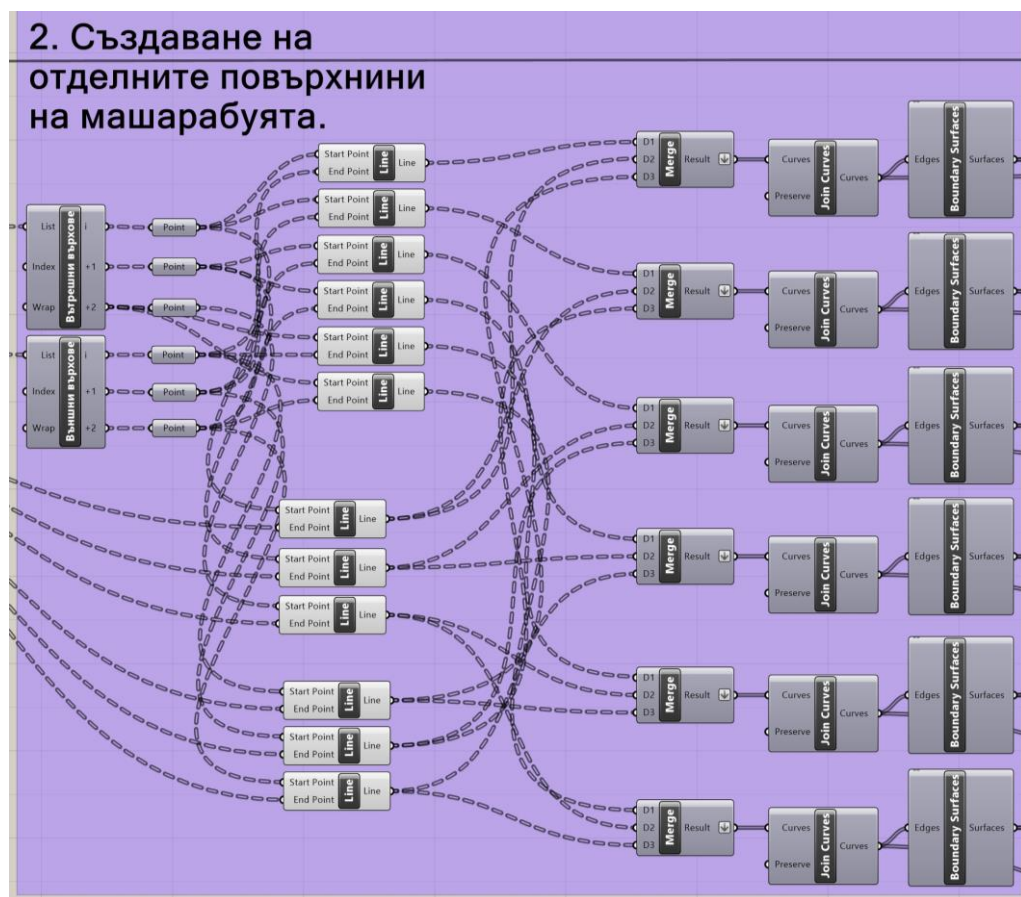
**Фиг. 5.** Първа стъпка в завършен вид – създаване на основните точки за изграждане на машарабуя.

Източник: Схема на автора

## 2. Втора стъпка: изграждане на отделните повърхнини на машарабуята

От предходната стъпка са известни всички нужни точки, но трябва да се изградят повърхнини между тях. Вариантите са два – може да се изградят повърхнини по три точки или да се изградят първо контурните линии на повърхнините и в последствие самите повърхнини по тези линии. Анализирани са вторият вариант, защото по-лесно могат да се направят комбинациите от точки и също така ще се използват контурните линии за създаване на носещата част на машарабуите. От седем точки, шест от които са в една равнина, трябва да се направят шест групи от по три точки, за да се създадат повърхнините или дванадесет групи от по две точки, за да се създадат контурни линии.

Използва се модификаторът *List Item*, който извлича информация от масив. Върховете са групирани за отделните триъгълници, като във всяка група има по три елемента (точки). *List Item* отделя конкретен елемент от тези групи – първата точка от всяка група ( $i$ ), втората точка от всяка една група ( $i+1$ ) и третата точка от всяка една група ( $i+2$ ). Модификаторът се използва два пъти – веднъж за външните върхове (върховете на основния триъгълник) и втори път за вътрешни върхове (върховете на малките триъгълници, средите на бедрата на големия). На практика това означава, че идентичните върхове от всички триъгълници са извадени като групи от точки. Изходната информация е свързана с *Point*, за да се визуализира всяка една от тези групи, след като се избере конкретната група от точки *Point*. По този начин може да се прецени коя група с коя да се свърже, за да се изградят необходимите контурни линии с помощта на модификатора *Line*, който създава линия по две точки.

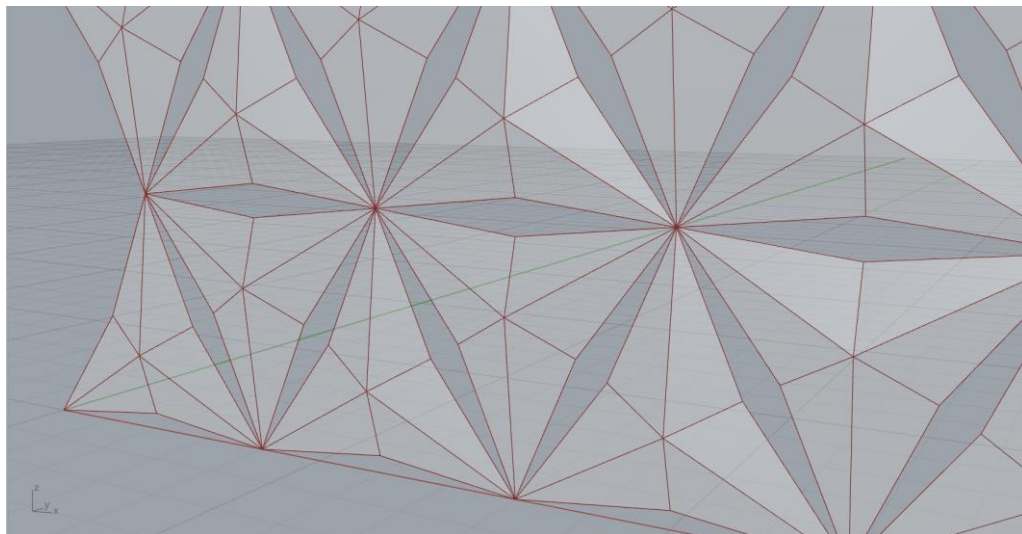


Фиг. 6. Създаване на отделните повърхнини на машарабуята. Изходящата информация са затворените контури от *Join Curves* и повърхнини от *Boundary Surfaces*.

Източник: Схема на автора

Шест от линиите са в равнината XZ (шестте горни *Line* на фиг. 6), те се базират на модифицирания, първоначален триъгълник, следователно за тях са достатъчни тези шест групи от точки. Останалите шест линии свързват точките в равнината XZ със средната

точка, която е изнесена извън равнината  $XZ$ . Това се постига като тази средна точка се свързва с всяка една от шестте точки от равнината  $XZ$ . Използва се *Merge*, за да се обединят по 3 контурни линии в шест пространствени триъгълника, като за всеки триъгълник се използва отделен модификатор, за да бъде отделен обект. При изходящата информация на модификаторите *Merge* се избира *Flatten* (визуализира се като стрелка надолу), съответно данните се обединяват в отделни групи за всеки един триъгълник. Преди прилагането на *Flatten* всяка една страна на всеки един триъгълник е отделна група. Следващата стъпка е използването на *Join Curves* – този модификатор обединява всички отсечки от всяка една група, в случая във всяка група има по три прави, бедрата на триъгълниците, съответно обединява тези три бедра в една поли линия. Последната стъпка е използването на *Boundary Surfaces*, модификатор, който създава повърхнина по контурни линии. Отново се използват шест копия на модификатора, за да се създадат шест отделни повърхнини за шестте фасети на машарабуята (фиг. 6 и 7). Най-бързото решение за моделиране е създаването на група от трите модификатора – *Merge*, *Join Curves* и *Boundary Surfaces* и готовата последователност да се копира, след като е завършена. Това важи и за следващата стъпка, при която отново са на лице шест копия на идентична последователност от модификатори.



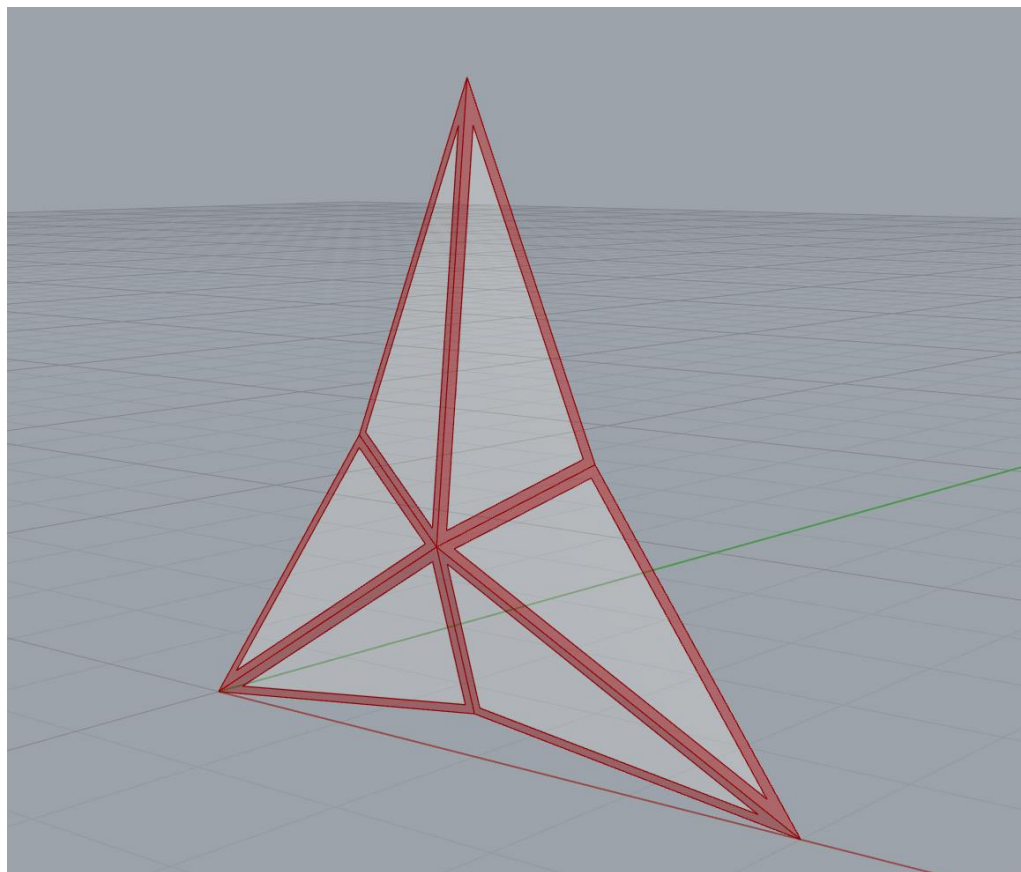
**Фиг. 7.** Резултатът от стъпката – машарабуята е изградена от повърхнини, а също така са налични и контурните линии на всяка една повърхнина.

Източник: Схема на автора

### **3. Трета стъпка: създаване на носещия профил на засенчващите елементи**

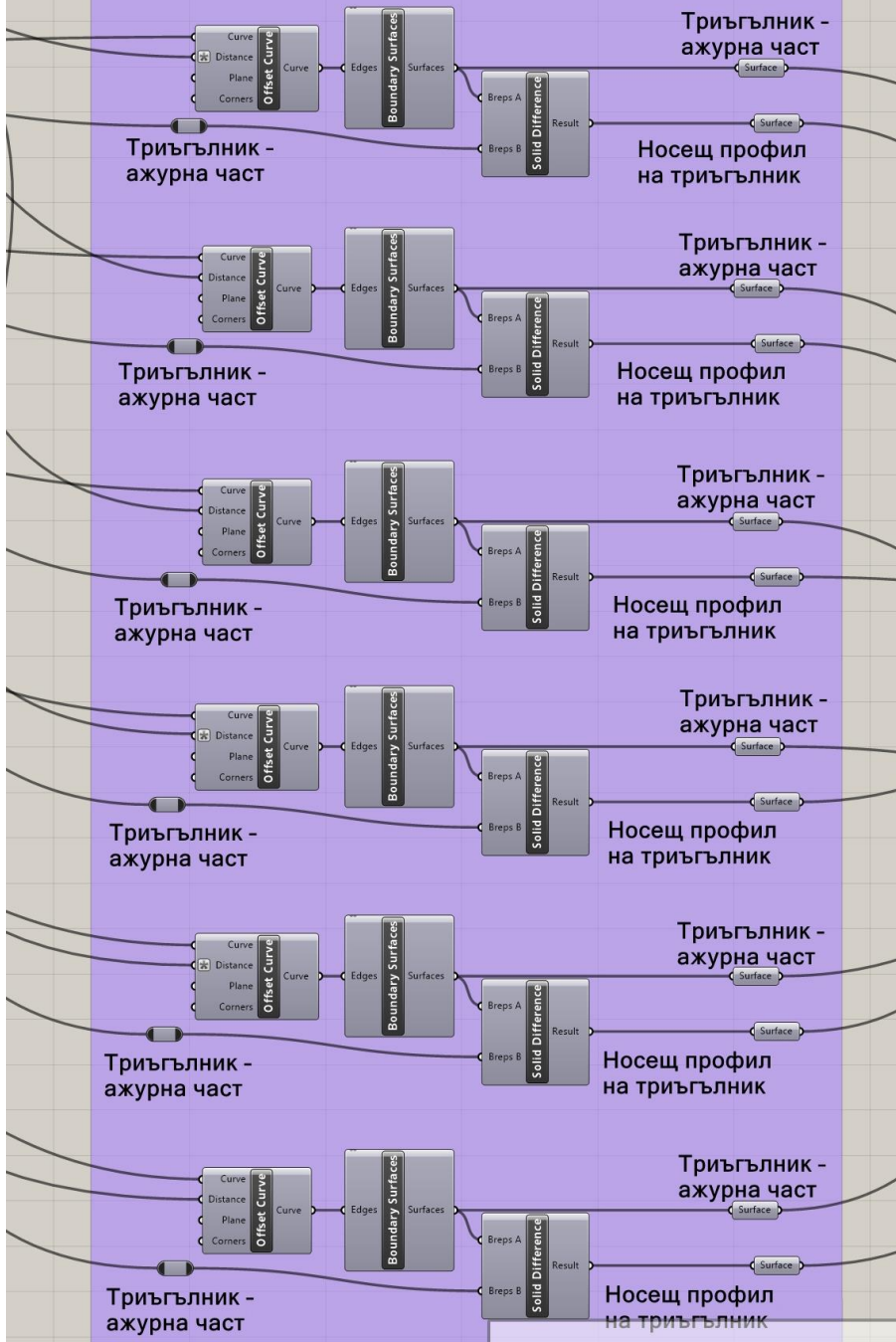
За създаването на носещите профили се използват изходящата информация от *Join Curves*, както и готовите повърхнини от предната стъпка, а също така параметърът, заложен още в началото – дебелина на носещия профил. Модификаторът *Offset Curve* копира контура на зададено отстояние, което се явява параметърът за дебелина на профила. Тъй като геометрията е затворена фигура (триъгълник), то и копираната геометрия

е затворен контур. Ако не се използва *Join Curves* в предходната стъпка, то геометрията пак ще се копира, но линиите ще са с дължините на първоначалните линии, от които са копирани, тоест ще се пресичат. На три от шестте модификатора *Offset Curve* се забелязва \* на входящата информация *Distance*, това е за задаване на посоката на офсет – когато се зададе „-x“ като формула в модификатора, посоката на офсет се взема обратната спрямо тази по подразбиране. След като вътрешният контур е дефиниран чрез *Boundary Surfaces*, се създават вътрешните повърхнини, оградени от носещите профили. Свързват се със *Surface*, изнасят се в дясната част на групата и за прегледност се надписва какво съдържат, а именно, ажурната част от триъгълниците. Резултатът от *Boundary Surfaces* се използва още веднъж в *Solid Difference*, заедно с повърхнините от предходната стъпка – по този начин от целите повърхнини се изважда вътрешната част и остава само носещият профил. Този резултат също се изнася със *Surface* в дясната част на модификатора (фиг. 8 и 9). Стъпката завършва с обединяване на всички носещи профили с *Merge*, както и на всички ажурни повърхнини, отново с *Merge*. Целта е по-лесно експортиране и групиране на готовата геометрия.



**Фиг. 8. Машарабуя в завършен вид – изградена е от ажурна част и носещи профили.  
Източник: Схема на автора**

### 3. Създаване на носещите профили.



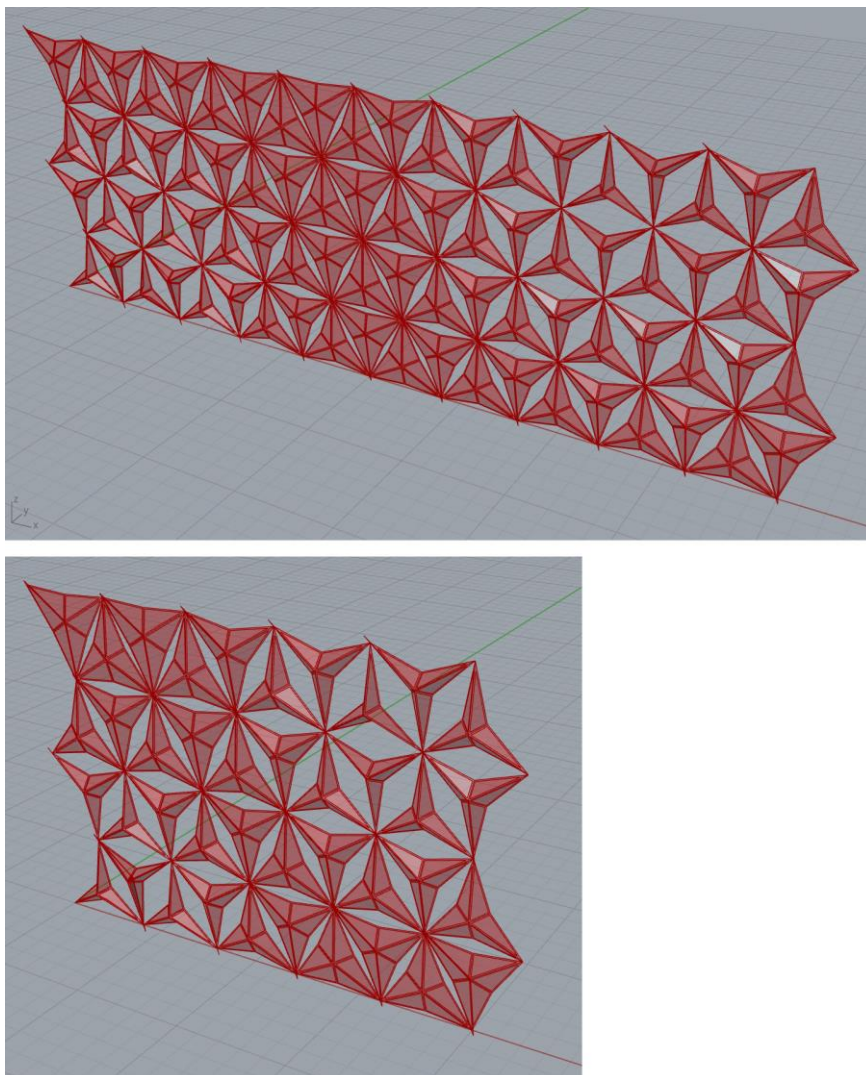
Фиг. 9. Създаване на носещите профили.  
Източник: Схема на автора

#### 4. Четвърта стъпка: контролиране на степента на сгъване на засенчващите елементи чрез контролни точки

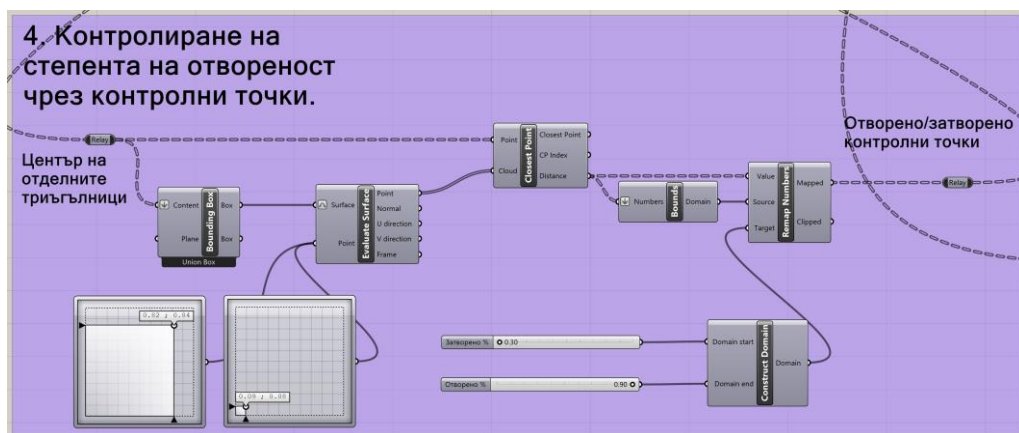
В тази стъпка се разглежда възможно допълнение към параметричния модел, а именно контролиране на степента на сгъване на машарабуя елементите посредством контролни точки. Въвеждат се две точки, около които засенчващите елементи са сгънати, но е възможно да бъдат както една точка, така и да са повече от две. С използването на две контролни точки се постига диагонал на правоъгълната фасада, в два противоположни ъгъла елементите са максимално отворени, а по диагонал и другите два ъгъла са затворени. Като входяща информация от основния модел се използват центровете на отделните триъгълници, а като резултат от групата за всеки един триъгълник има различна степен/стойност на сгъване. Също така се използват четири нововъведени елемента – две точки и два параметъра за определяне на границите на максимално и минимално сгъване на машарабуята. Първата стъпка е контролните точки да се разположат в равнината на фасадата и да се впишат в границите на фасадната повърхнина, което в случая означава да са в равнина  $XZ$ , тоест  $Y$  координатата на контролните точки да е равна на нула, и също така максималната стойност по  $X$  и по  $Z$  да не надхвърля максималните стойности по  $X$  и по  $Z$  на геометрията на фасадата. Втората стъпка е определяне на дистанцията от тези контролни точки до всеки център на триъгълник, така с отдалечаване на центъра на отделните елементи от контролните точки, машарабуята ще бъде по-затворена. Третата стъпка е преобразуването на тази дистанция в коефициент за отвореност на елементите.

Първата стъпка се осъществява чрез два модификатора – *Bounding Box* и *Evaluate Surface* и два параметъра *Multidimensional Slider (MD Slider)* за задаване на контролните точки. Започва се със задаване на центровете на триъгълниците в *Bounding Box* модификатора, като се избира *Flatten* на входа на модификатора (визуализира се като стрелка надолу), за да обедини групите в една обща (преди *Flatten* всеки център на триъгълник е изнесен в отделна група). Също така се избира *Union Box*, като опция на *Bounding Box*, за да се определят габаритите на множеството от точки, а не на всяка една от тях по отделно. Следва модификаторът *Evaluate Surface*, който разполага точките от плъзгачите на дадена повърхнина пропорционално на размерите на равнината. Ако точката е в границите  $X=(0;1)$  и  $Y=(0;1)$  и е с координати  $X=0.2$  и  $Y=0.5$ , а равнината е с дименсия 10 по ос  $X$  и 30 по ос  $Y$ , то проекцията на точката ще се постави на  $X=0.2 \times 10=2$  и  $Y=0.5 \times 30=15$ . За *Evaluate Surface* е необходима входяща информация, повърхнина и точка/точки. На пръв поглед това ще се изпълни на шест повърхнини, защото толкова страни има всеки паралелепипед, но тъй като центровете на триъгълниците са в една равнина, то едната дименсия на паралелепипеда е нула. Като се използва *Reparameterize* на входа на *Evaluate Surface* софтуерът параметризира наново входящите данни и тъй като едната страна на паралелепипеда е нула, го параметризира като правоъгълник. Втората стъпка се състои от един единствен модификатор – *Closest Point*, който определя най-близката точка до входящата точка (център на триъгълник) в списък с точки, в случая двете точки от *Evaluate Surface*. Модификаторът сравнява дистанцията на всяка една точка с всяка една от списъка с точки и избира възможно най-малката дистанция. *Remap Numbers* изменя тези дистанции пропорционално, докато достигнат желаните стойности – тези на максимално и на минимално сгъване на елементите. *Remap Numbers* се нуждае от стойности, които да измени пропорционално и две граници – първата е границата, в която се намира стойността първоначално, и втората граница е тази, в която новата стойност трябва да се помести. Първата се определя чрез *Bounds* – този модификатор определя границите на множество от числа, съответно като входяща информация се задава дистанцията от *Closest Point*. Втората граница, тази в която трябва да се поместят

новите стойности, се определя чрез *Construct Domain*, модификатор, създаващ граница по две числа, в случая зададени от параметри за минимално и максимално сгъване на машарабуята. С *Relay* елемент се изнася изходната информация от стъпката (степената на сгъване за отделните елементи) в десния край на групата, за да бъде по-лесна замяната на фиксиранията стойност с тази, която варира за всеки елемент (фиг. 11). Предимство на тази група е, че ако се промени броят на машарабуя елементите, поредицата от експлицитни функции ще се адаптира към новия брой елементи и ще се актуализира без нужда от намеса от страна на проектанта (фиг. 10).



**Фиг. 10.** Прилагане на експлицитните функции от групата на:  
горе – 20 елемента по хоризонтала и 4 по вертикала;  
долу – 10 елемента по хоризонтала и 4 по вертикала.  
Променен е само броят на машарабуя елементите, групата се  
адаптира автоматично към новия брой.  
Източник: Схема на автора

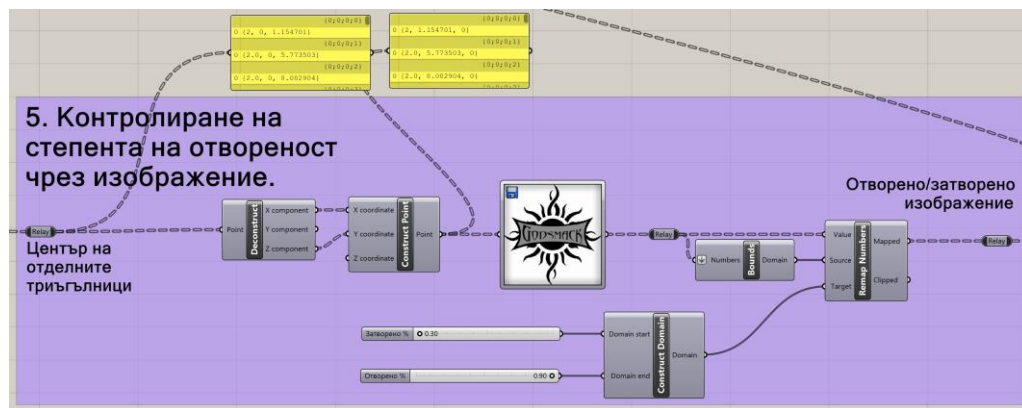


**Фиг. 11. Контролиране на степента на отвореност чрез контролни точки – група в завършен вид. Входящата информация в групата са центровете на отделните машарабуя елементи, а изходящата информация е степента им на сгъване.**  
Източник: Схема на автора

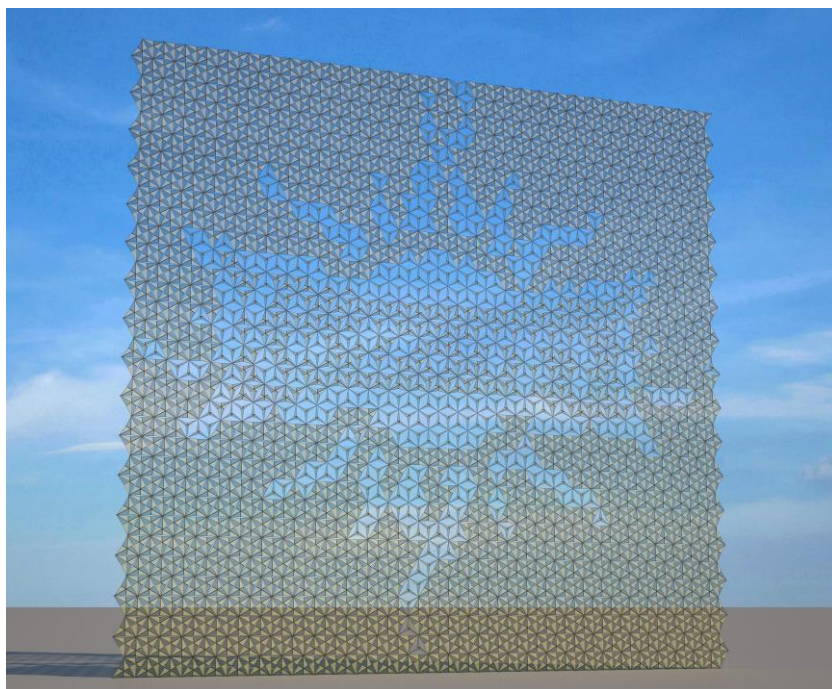
## 5. Пета стъпка: контролиране на степента на сгъване на засенчващите елементи чрез изображение

В тази стъпка се разглежда още едно възможно допълнение към параметричния модел – контролиране на степента на сгъване на машарабуя елементите посредством анализирание на изображение. Като входяща информация от основния модел се използват центровете на отделните триъгълници, а като резултат за всеки един триъгълник ще има различна степен/коэффициент на сгъване. Новата информация вътре в групата са изображение и два параметъра за определяне на границата за максимално и минимално сгъване на елементите. Първата стъпка е транслиране на центровете на триъгълниците. Точките са разположени в равнината  $XZ$ , а анализирането на изображение се осъществява в  $XY$  равнина. Модификаторът *Image Sampler* извлича стойностите  $X$  и  $Y$  на всяка точка и пренебрегва  $Z$  координатата. Модификаторът проектира точки върху изображение (от там произлиза пренебрегването на  $Z$ , координатата за височина не е релевантна) и извлича търсената стойност – в примера се използва степента на сиво за определяне на стойност. Тоест  $Z$  координатата на всяка точка трябва да се прехвърли в  $Y$  координатата, като това се постига с два поредни модификатора – *Deconstruct Point* и *Construct Point*. *Deconstruct Point* разделя отделните точки от множество от точки на отделните им координати –  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . *Construct Point* създава точки по координати –  $X$  координата от *Deconstruct Point* се свързва към  $X$  координата на *Construct Point* и  $Z$  координата от *Deconstruct Point* се свързва към  $Y$  координата на *Construct Point* (фиг. 12). В контролните панели се забелязват координатите на точките – на първата точка са  $\{X=2, Y=0, Z=1.154701\}$  преди модификаторите и  $\{X=2, Y=1.154701, Z=0\}$  след модификаторите, тоест стойностите на  $Y$  и  $Z$  са разменени. Използва се модифицираното множество от точки като входяща информация за модификатора *Image Sampler* и като в него се задава *Color Brightness* като канал от изображението за анализ. Възможно е да се използват и други канали като общ цвят, наситеност на отделен цвят, прозрачност на изображението, разлика в цветовете. Изходящите данни ще са със стойност от нула до едно, съответно се използва идентична, пропорционална корекция на стойностите чрез *Bounds*, *Remap*

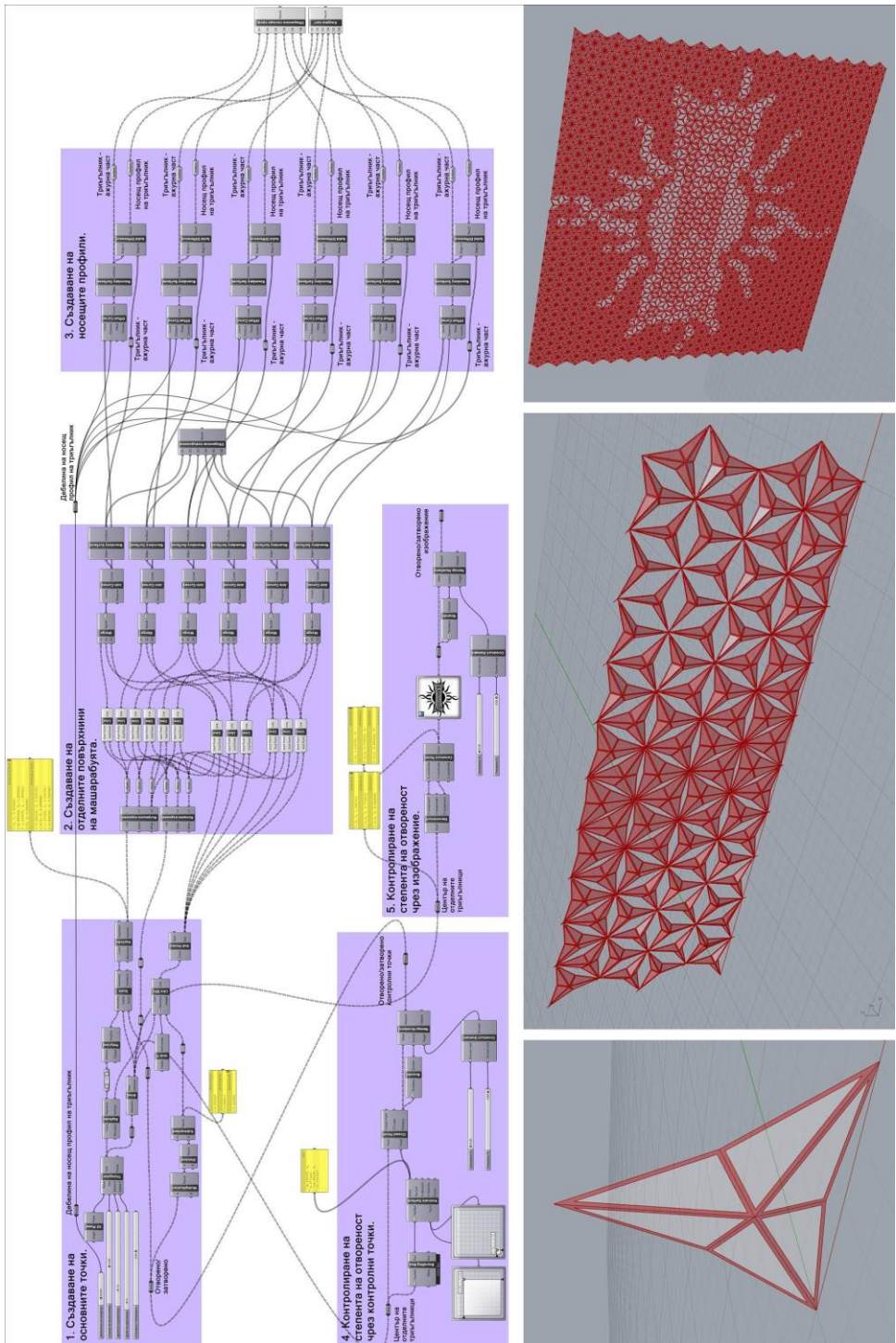
Numbers, Construct Domain, като в предната стъпка – „Четвърта стъпка: контролиране на степента на сгъване на засенчващите елементи чрез контролни точки“. Финалните стойности отново се изнасят в десния край на групата чрез Relay елемент (фиг. 12 и 13). Финалната последователност от параметри и експлицитни функции, тяхното групиране и подреждане е визуализирано на фиг. 14.



**Фиг. 12.** Контролиране на степента на отвореност чрез изображение – група в завършен вид. Входящата информация в групата са центровете на отделните машарабуя елементи, а изходящата информация е степента им на сгъване.  
Източник: Схема на автора



**Фиг. 13.** Контролиране на степента на отвореност чрез изображение – примерна визуализация.  
Източник: Схема на автора



Фиг. 14. Параметричният модел на машарабуя елементите на Al Bahar в завършен вид.  
Източник: Схема на автора

## 5. Заключение

Геометричният модел, чието построение е анализирано в настоящата статия, се контролира изцяло от параметри и експлицитни функции. С цел по-голяма яснота, улесняване на корекциите и повторното използване, авторът предлага моделът да бъде разделен на три основни групи – създаване на основата и характерните точки; изграждане на отделните повърхнини на засенчващите елементи; изграждане на носещия профил на засенчващите елементи и две допълнителни групи – контролиране на степента на сгъване на засенчващите елементи чрез контролни точки; контролиране на степента на сгъване на засенчващите елементи чрез изображение. При структурирането на кода авторът е инспириран от сферата на софтуерното инженерство – кодът е структуриран чрез малки, разбираеми и лесни за корекция структури. Това структуриране е постигнато на няколко нива – като се започне от най-общо структуриране на цялостния модел на отделни групи, до структуриране вътре в групите. Логиката при подреждането на групите е възможно най-семпла и лесна за разбиране – действията се развиват линейно отляво надясно, както се развиват и на ниво модификатор. Всички променливи (параметри и входящи данни от предходни стъпки) са разположени в левия край на групата, а цялата изходна информация е съсредоточена в десния край. За по-голяма яснота се използват *Relay* елементи, които пренасят информация през модела и позволяват да се въведе структура, в иначе хаотичните връзки между параметри и експлицитни функции; също така позволяват по-бързото проследяване на информация. За по-лесно откриване на грешките, както и за възможността за повторно използване, допринасят и текстовите описания над отделни параметри, модификатори и групи (фиг. 14). В този пример е демонстриран подход с групиране на кода, за да се преодолее проблемът с повторното използване. Моделът е общ и има три начина да се контролира – директно чрез параметър, чрез контролни точки или чрез изображение. Подобно структуриране на кода позволява по-голяма свобода при проектирането и изграждането на по-голям брой варианти за единица време.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Buffoni, Giorgio*. The Al Bahar Towers: Shading, The Real Envelope. <https://igsmag.com/market-trends/super-tall-buildings/the-al-bahar-towers-shading-the-real-envelope/>, accessed 23.09.2020.

2. *Karanouh, Abdulmajid*. AK Presentation. [http://alt.ises.org/fileadmin/user\\_up/load/PDF/2013.11.15\\_AK\\_Presentation\\_part2.pdf](http://alt.ises.org/fileadmin/user_up/load/PDF/2013.11.15_AK_Presentation_part2.pdf), accessed 23.09.2020.

3. *Karanouh, Abdulmajid, Kerber, Ethan*. Innovations in dynamic architecture. *Journal of Facade Design and Engineering* 3(2): p.185-221, October 2015, [https://www.researchgate.net/publication/283683836\\_Innovations\\_in\\_dynamic\\_architecture](https://www.researchgate.net/publication/283683836_Innovations_in_dynamic_architecture), accessed 23.09.2020.

# PARAMETRIC MODELING OF A KINETIC FACADE – RECREATION OF THE SHADING ELEMENTS OF AL BAHAR TOWERS, ABU DABI, UNITED ARAB EMIRATES

**D. Damov<sup>1</sup>**

*Keywords: parametric architecture, kinetic façade, shading elements*

## ABSTRACT

The design of the facade panels of Al Bahar Towers is analyzed, as the author recreates a generalized parametric model of their geometry and illustrates some of the functions offered by the parametric modeling environment. The shape of the shading elements of the towers is inspired by the traditional for the Arab, residential architecture masharabuya (مشربية). In addition to building a geometric model, the author has explored the mechanisms by which it is possible to control the panels in the environment of parametric modeling. The parameter that is responsible for the degree of folding of the elements is separated and three options are demonstrated – using one value to fold all the elements; gradient, smooth transition from fully closed to fully open elements through control points; analyzing a graphical image to generate individual values. The author proposes a method of building parametric models in which the code is structured in small, clear structures. Although being an additional step, this structuring simplifies the workflow as it significantly reduces the time to understand the structure of the project by people other than the original designer, and also allows the reuse of entire groups of model code. The final result of the study is a parametric, three-dimensional model, controlled entirely by different types of parameters and explicit functions. The software used is: Rhinoceros 6, Grasshopper, 3DS Max 2020 and V-ray NEXT.

---

<sup>1</sup> Damyan Damov, Assist. Prof. Arch., Dept. “Residential Buildings”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: damian.damov@gmail.com