



## ПРИНЦИПИ РЕСПОНЗИВНОСТИ НА ПРИМЈЕРУ АУТОБУСКЕ СТАНИЦЕ У БРЧКОМ

### PRINCIPLES OF RESPONSIVITY ON THE EXAMPLE OF BUS STATION IN CITY OF BRCKO

Јована Пајкановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Област – АРХИТЕКТУРА И УРБАНИЗАМ

**Кратак садржај** – *Нашавши се у средишту све неизвјесније глобалне економије, архитекти су почели да истражују нове идеје и дизајнерске приступе како би истакли сопствену пројектантску праксу и стекли конкурентску предност. Истраживањем употребе архитектонских површи на начин да оне комуницирају са корисницима у динамичком смислу користећи информације из околине, очекује се боље разумијевање савремене позиције архитектуре и њеног међуодноса са другим научним дисциплинама, нарочито у домену дигиталних и електроничких система кроз стварање заокруженог пројектантског процеса, који поред традиционалних метода користи и алтернативне приступе.*

**Кључне ријечи:** *респонзивност, дигитални дизајн, Грасхопер, динамичка структура, флуидна форма, интерактивни свод, респонзивна фасада*

**Abstract** – *When caught in the middle of an uncertain global economy, architects began to explore new ideas and design approaches to highlight their own design practices and gain a competitive advantage. By exploring the use of architectural surfaces in order to communicate with users in a dynamic way using information from the environment, a better understanding of the contemporary position of architecture and its interrelations with other scientific disciplines is expected, especially in the domain of digital and electronic systems through the creation of a complete design process, using traditional as well as alternative approaches.*

**Keywords:** *responsivity, digital design, Grasshopper, dynamic structure, fluid form, interactive vault, responsive facade*

#### 1. УВОД

*„Architecture is no longer simply the play of masses in light. It now embraces the play of digital information in space.” [1]*

Средина у којој живимо постаје потпуно непредвидљива што доводи се у питање **статичност архитектуре** у динамичном контексту који је у сталном покрету и промјени.

#### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Бојан Тепавчевић, ван. проф.

У прилог томе иде и чињеница да је неочекиван и брз технолошки и технички напредак затекао архитектонску теорију и праксу, која у другој половини XX вијека губи корак са убрзаном друштвеном динамиком, јер због своје ригидне форме и начина пројектовања није у стању да брзо и ефикасно одговори на захтјеве корисника.

Тек у последњих двадесет година у оквиру архитектонског пројектовања јављају се нове парадигме у масовнијем облику, које користе знања стечена на пољима електронике, кибернетике, неурологије, биологије, информатике и других дисциплина како би архитектури вратили историјску улогу вјесника друштвених промјена. Савремени технолошки развој омогућава архитектури да у себе угради или постане дио различитих механичких и електроничких система који омогућавају имитацију живих организама у реалном времену (енгл. **real time**).

Ово истраживање бави се примјеном и реализацијом адаптације на конкретном пројекту као једне од седам суштинских принципа живота према **Кошланду** (Daniel E. Koshland Jr), дајући архитектури основну карактеристику бића – динамичност – у циљу препознавања архитектуре као савременог медија који доприноси развоју савременог човјека. **Николас Негропonte** дефинише да „*респонзиван значи да средина која има активну улогу покреће промјене у већем или мањем степену као резултат и функција једноставног или сложеног прорачуна.*” [2]

Респонзивне архитектонске форме су стога оне које омогућавају стварање **динамичких структура**, које се прилагођавају и мијењају у контексту облика и приказаног садржаја у зависности од различитих подражаја из околине.

У предметном мастер раду биће истражени принципи респонзивности у архитектури, те њихова примјена на примјеру аутобуске станице у Брчком.

Као резултат не очекује се нови модел архитектонског пројектовања, али се истиче битност различитог начина размишљања о архитектури у циљу преиспитивања позиције архитектонске праксе у дигиталном добу. Интердисциплинарност је систем без којег се архитектонска пракса не може замислити, јер су математика, социологија, економија, екологија и сличне дисциплине укоријењене у саму срж архитектуре, али је важно препознати могућности које нуде неке новије и неконвенционалне научне гране,

као што су роботика, информатика, генетика, електроника и програмерство.

## 2. РЕСПОНЗИВНОСТ У КОНТЕКСТУ АРХИТЕКТУРЕ

**Према процесма који доводе до производње одговора на стимуланс, респонзивност можемо подијелити на:**

1. **структуралну**, која је резултат структуре система, а покрећу је промјене физичких параметара,
2. **интелигентну**, гдје организам осјећа околину која га покреће на промјену.

**Структурална респонзивност** је директно резултат начина на који је сачињен систем. Геометријска оријентација елемената и њихова кинетичка понашања (спојеви, пропорција, ротација, помијерања, рекомпозиција) и својства материјала (еластичност, ширење, издржљивост, проводљивост) су директно везани за ову врсту респонзивности. Анизотропија и хигроскопија су појмови који описују димензионе промјене на материјалима проузроковане промјеном климатских услова.

За разлику од инжињерских рјешења, једноставни елементи су истовремено сензори, актуатори и регулатори. Употребом ових основних физичких промјена, проузрокованих промјенама у околини, ствара се могућност за израду **климатски реактивних дијелова** објеката или цјелина без употребе додатне механичке или електронске контроле.

Систем који се може назвати „паметним“ подразумева **перцепцију** своје околине, прикупља сензорне информације било путем интерфејса од људи или путем сензора и даје одговор на стимуланс кроз **анализу** добијених информација. Паметни системи посједују процесорску јединицу која је задужена за **доношење одлука** и извршавање логичких радњи уграђених у систем. Ниво интелигентности система може варирати од једноставне тачно - нетачно логике до комплексних процесора који посједују способност учења.

### 2.1 Компоненте интелигентног система

Према **Киркегарду** (Poul Henning Kirkegaard)[3] респонзивни систем базиран на перформансама садржи:

1. **Информациони систем**: сензорни система, који може да опажа и непрекидно шаље информације процесорском систему који затим активира бихевиорални систем чији је задатак упућивање информације (енгл. output) назад ка околини;
2. **Процесорски систем**: систем који филтрира и одлучује на основу велике количине похрањених или информација добијених од сензора, најчешће микропроцесорска јединица;
3. **Бихевиорални систем**: систем развијене логике и понашања путем различитих образаца.

Сваки интелигентни респонзивни систем садржи хардверске и софтверске компоненте које при међусобном дјеловању омогућавају правилан рад система. Централна јединица хардвера је **микроконтролер**, који веже улазне и излазне компоненте и представља

најбитнију компоненту система, јер садржи процесорске чипове, меморију, дигиталне и аналогне улазе и излазе, бројаче, комуникационе склопове, који обрађују све улазне и излазне податке.

У мноштву лако доступних плоча са микроконтролерима као што су Разбери Пај (Raspberry Pi), Адафрут Флора (AdaFruit Flora), Биглбоун Блек (*BeagleBone Black*), у овом раду биће кориштена тренутно најпопуларнија Ардуино Уно плоча. Задатак програмерске плоче је да служећи се програмским језиком обраде улазне информације, према унапријед написаним правилима, те да генеришу излазне податке који подстичу одговарајућу акцију респонзивног система.

Периферне компоненте које интерагују са околином су рецептори и актуатори.

**Рецептори** региструју утицаје из околине и путем аналогних и дигиталних улаза у плочу претварају их у информације. Најчешће се као рецептори употребљавају сензори, уређаји који примају најразличитје утицаје као што су промјена температуре, влажност ваздуха, додир. Ограничени су нивоом осјетљивости и могућношћу употребе у пракси. Као рецептори улазних података могу се користити сензор покрета (пироелектрични сензор), пиезоелектрични сензор, фоторезистор, термометар, свјетлосни сензор, сензор савијања, као и појстици, прекидачи, микрофон и слично.

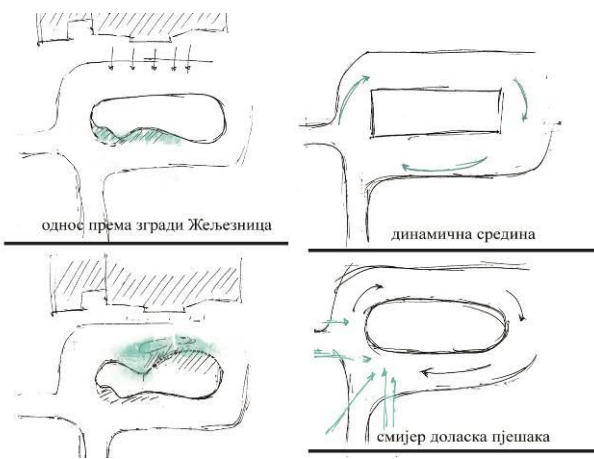
**Актуатори** су уређаји који врше акцију према добијеним подацима из микропроцесора, то могу, између осталог, бити звучниц, пумпе, серво и мотори за једномјерну струју, лед сијалице.

## 3. ПРЕДСТАВЉАЊЕ РЈЕШЕЊА УПОТРЕБОМ РЕСПОНЗИВНОГ СИСТЕМА

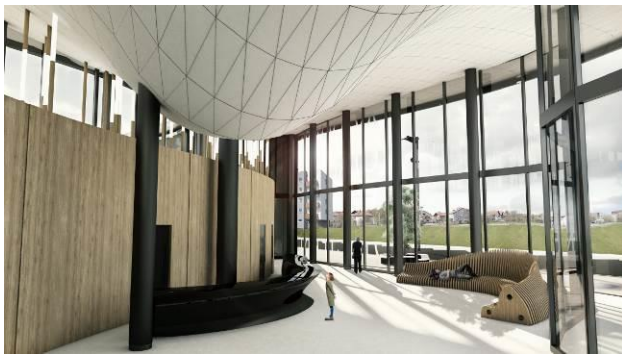
Утицај на стварање концепта новопројектованог објекта је имао однос зграде **Жељезница Републике Српске** са предметним објектом, смијер доласка путника из града и чињеница да оваква програмска функција носи са собом сталну динамику и покрет корисника објекта.

Као одговор на позицију објекта Жељезница, задржана је позиција предметне формације у правцу сјевероисток – југозапад, а **флуидна форма** као резултат динамичног окружења је увучена на фасади која гледа на сусједни објекат. Правац којим долазе корисници је такође проузроковао повлачење форме ка унутрашњости објекта и формирање наткривеног платоа испред улаза. (Слика 1.)

Затворени корпус објекта смјештен је на улазном дијелу са опслужујућим саджајима што подиже квалитет услуге коју аутобуска станица нуди корисницима. Како би се нагласила примарна функција овог објекта у ентеријеру је изведено флуидно спуштање плафона изнад шалтера који представљају **фокусну тачку** застакљеног павиљона. (Слика 2.)



Слика 1. Графички приказ концепта



Слика 2. Приказ ентеријера објекта

Перони који су смјештени у наставку означавају најдинамичнију зону објекта, на којој је предвиђена **респонзивна фасада**, чији задатак је отклањање основног недостатка постојеће структуре – непостојање заштите од вјетра. На правцу доминантног утицаја ове метеоролошке појаве фасада реагује на вјетар затварањем саставних дијелова, стварајући заштићену зону за путнике на перонима. Правоугаоне траке на којима је на различитим висинама предвиђена промјена позиције из затвореног у отворено доприносе стварању визуелног идентитета објекта и сачињавају репрезентативну форму. (Слика 3.)



Слика 3. Приказ респонзивне фасаде

Бажарењем сензора савитљивости, постиже се да фасада „оживљава“ само при жељеној јачини вјетра, служећи својој основној сврси постојања, док при слабијем интензитету вектора ове покретачке силе, елементи остају отворени, пропуштајући свјеж ваздух на пероне.

Развојем визуелне културе стварају се нове парадигме између умјетности, маркетинга, архитектуре, филма, фотографије и многих других сфера које еволуирају у технолошком смислу.

Како грађена средина комуницира са много различитих корисника (становници, посјетиоци, радници, публика...), архитектуру можемо посматрати као медијум масовне комуникације. Употријебивши овај свевремени атрибут архитектуре у пројекту, формиран је **интерактивни свод** на перонима који обавјештава путнике о пристиглом аутобусу. Доласком возила на перон дио плафона изнад возила се спушта, те тако визуелним путем шаље поруку корисницима о присутности превозног средства. (Слика 4.) На овај начин објекат даје утисак организма који се **мијења и у реалном времену** интерагује са корисницима, добивајући на вјештачки начин својство хомеостазе односно механизам повратне везе којим се регулишу поремећаји равнотеже унутар система.



Слика 4. Приказ интерактивног свода на перонима

### 3.1 Примјена дигиталних алата за генерисање експерименталног модела

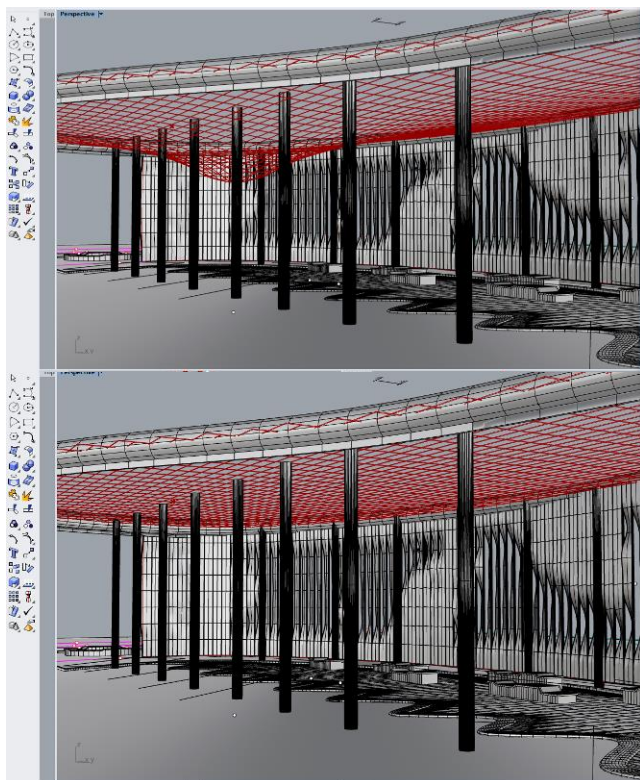
Примена дигиталних алата у креирању респонзивне фасаде састоји се из неколико цјелина:

1. генерисање параметарски дефинисаног тродимензионалног модела,
2. структурална оптимизација геометрије примјеном Кангару (Kangaroo) додатка,
3. повезивање геометрије са сензорима и актуаторима примјеном Фајерфлај (Firefly) додатка и Ардуино плоче.

Најприје је дефинисана површ која одређује форму предметног објекта тако што је увезена идејна скица из апликације Ауто Кед (AutoCad) на којој су у разјмери исцртане ободне линије плафона и позиционирани садржаји, те је добијена крива формирала затворену површину, на којој су Грасхопер компонентама детектоване тачке на и по ободу облика. Кангару (Kangaroo) додатком за Грасхопер који омогућава тестирање физичких утицаја на експерименталном моделу у реалном времену извршена је симулација утицаја физичких сила компонентом „solver“, која као улазне податке захтијева сва оптерећења (енгл. loads), тачке које су непомерљиве (енгл. anchor), отпор материјала (енгл. length) и геометрију над којом се врши симулација. Као „anchor“ тачке искориштене су тачке које се

налазе по обиму површине крова аутобуске станице, а у „length“ компоненту су ушле све дужине добијене између тачака на мешу, помножене са бројем (чија величина је промјењива), а који одређује јачину зетегнутости (притиска) у материјалу. Оптерећења су подијељена на стално и повремена, добијена из сензора. Како силе дјелују у тачкама меша, дефиницијом је одабрана тачка дјеловања силе, њена зона дјеловања и интензитет, који је за повремену силу помножен са нулом или јединицом добијеном као излазни податак кода за Ардуино који се учитава путем компоненте из додатка Грасхопера под називом **Фајерфлај** (Firefly). Уколико нема података из сензора учитава се нула, која помножена са јачином вектора силе даје нулу, што пружа информацију да сила не постоји. (Слика 5.)

Као сензор који детектује присутност аутобуса на стајалишту користи се **пиезо елемент**, који ради на принципу пиезоелектричног ефекта, односно стварања електричног напона на крајевима пиезоелектричног кристала при механичком притиску на њега.



Сензор је прикључен на аналогни пин 2, а читање вредности је постигнуто следећим кодом написаном у програму Ардуино IDE:

```
const int knockSensor = A2; const int thresholdKnock = 400; int sensorReadingKnock = 0; int stanjeKnock = false;
```

```
void setup() { Serial.begin(9600); void loop() { sensorReadingKnock = analogRead(knockSensor); if (sensorReadingKnock >= thresholdKnock) { stanjeKnock = !stanjeKnock; Serial.println(stanjeKnock); } delay(100); }
```

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У раду је показан један од начина прожимања архитектуре и других научних дисциплина кроз **вишеслојни процес** чији је циљ био дати одговор на преиспитивања улоге и манифестације архитектуре у савременом друштву. У оквиру наведеног процеса примјењивани су параметријски дизајн, оптимизација, интеграција са електроничким компонентама и симулација, што је омогућило доношење објективних пројектантских потеза. Посматрање објекта као живог организма кроз респонзивне и адаптивне методе омогућило је органско рјешавање суштинских недостатака у **односу корисника и објекта**.

Даљи развој овог приступа би подразумевао израду физичког прототипа у циљу детерминисања недостатака и потенцијала, те даље истраживање у смијеру **оптимизације** рада са микроконтролерима и електроничким компонентама. У неком од наредних корака потребно је промислити интегрисање респонзивних система у објекту са системима алтернативних, **одрживих извора енергије**.

Дигитално доба нам је омогућило активну интеракцију са објектима архитектуре, те би прогресивним напретком технологија и дигиталних алата могле настати структуре које превазилазе интелигентне и попримају карактеристике бихевиоралних система чија способност да уче из пријашњих искустава даје комплексне реакције на околину, што би био наредни корак ка стварању архитектуре која живи.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sparacino, F (2004). *Narrative Spaces: bridging architecture and entertainment via interactive technology*, International Conference on Generative Art, MIT Media Lab
- [2] Negroponte, N. (1975). *Soft architecture machines*, Кембриџ: MIT Press
- [3] Kirkegaard, P. и Worre Foged, I. (2011) *Development and Evaluation of a Responsive Building Envelope*, International Adaptive Architecture Conference, Building Centre, Лондон, Велика Британија

#### Кратка биографија:



**Јована Пајкановић** је рођена у Брчком 1991. године. Дипломира оновне студије Архитектуре и урбанизма на Факултету техничких наука 2014. године са темом „Винарија са рестораном и смјештајним капацитетом на простору Карагаче“. 2019. године одбранила је мастер тезу на смијеру Дигитални дизајн, технике и продукција у архитектури и урбанизму.

Контакт:

[jovana.pajkanovic.arch@gmail.com](mailto:jovana.pajkanovic.arch@gmail.com)