

## OPTIMIZAREA CLĂDIRILOR DIN PUNCT DE VEDERE ENERGETIC

Cristian GRIȚCAN

Departamentul Arhitectură, ARH-212, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Cristian Grițcan, [cristian.gritcan@arh.utm.md](mailto:cristian.gritcan@arh.utm.md)

Coordonator științific: Viorica ȚIBICHI, conf., univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat.** Odată cu creșterea cererii pentru design durabil și clădiri verzi, performanța clădirii are o influență mai mare asupra deciziilor de proiectare. Deciziile de proiectare privind învelișul clădirii, în special cu privire la geometria clădirii, dimensiunea ferestrelor și lucarnului și amplasarea sunt esențiale în faza incipientă de proiectare. Această cercetare propune un proces de optimizare a performanței clădirii care poate ajuta proiectanții să evalueze simultan performanța luminii naturale și energetice a numeroase opțiuni de proiectare și să genereze un design optimizat. Metoda propusă utilizează proiectarea parametrică, modelarea de simulare a clădirii și algoritmi genetici. Un studiu de caz al unei clădiri mici de birouri este realizat pentru a testa și a verifica eficacitatea procesului de optimizare. Analiza de sensibilitate este efectuată pentru a analiza relația dintre variabilele de proiectare și metricile de performanță. Lățimea și lungimea ferestrelor sunt cele mai importante variabile pentru toate locațiile, în timp ce influența celorlalte variabile variază foarte mult.

**Cuvinte cheie:** Optimizare, geometrie, proiect, iluminat, energie, performanță, sustenabilitate.

### Introducere [1]

Din cauza crizei energetice și a schimbărilor climatice, există preocupări tot mai mari cu privire la sustenabilitate în întreaga lume. Clădirile contribuie la unul dintre cele mai mari sectoare de consum de energie din totalul energiei consumate [2]. Mediul interior al clădirilor este strâns legat de sănătatea și productivitatea ocupanților [3]. Prin urmare, dezvoltarea clădirilor verzi sau a clădirilor performante devine un subiect intens de cercetare. Este important să minimizezi consumul de energie fără a sacrifica mediul interior confortabil și sănătos. Etapa incipientă de proiectare este locul în care se iau majoritatea deciziilor de proiectare a clădirii și unde există cel mai mare potențial de a realiza proiecte de înaltă performanță [4]. Prin urmare, este important să se exploreze pe larg posibilitățile de proiectare și să se încorporeze simularea și optimizarea performanței clădirii în faza incipientă de proiectare.

### Optimizarea proiectării geometriei clădirii și a ferestrelor pentru iluminarea naturală și performanța energetică [1]

Din punct de vedere matematic, optimizarea este procesul de găsire a valorii minime sau maxime a unei funcții prin alegerea celei mai bune valori a variabilelor. Optimizarea oferă posibilitatea de a explora eficient un număr mare de soluții de proiectare. Odată cu dezvoltarea tehnologiilor de proiectare parametrică, simulare a performanței clădirii și optimizare în ultimii ani, transformarea unei probleme de proiectare a clădirii în domeniul matematic a devenit posibilă.

În mod tradițional, studiile de optimizare a performanței clădirii folosesc de obicei geometria fixă a clădirii, iar variabilele care trebuie optimizate sunt proprietățile fizice ale materialului sau setările sistemelor de construcție [5]. Una dintre cele mai importante decizii de proiectare luate în faza incipientă de proiectare este forma sau geometria clădirii. Nu numai că influențează estetica și funcțiile unei clădiri, dar afectează foarte mult energia și performanța luminii naturale a unei clădiri. Principalele variabile de design de interes includ proiectarea ferestrelor, proiectarea umbririi, proiectarea acoperișului, proiectarea fațadei, proiectarea formei clădirii etc. Cele mai multe studii pentru optimizarea formei clădirii se referă în principal la performanța energetică sau costul [6,7].

Iluminarea naturală este o parte esențială a mediului interior pentru sănătatea și confortul ocupanților; este, de asemenea, o strategie durabilă eficientă pentru îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor [3, 11, 12]. Chiar dacă există un număr tot mai mare de studii privind optimizarea geometriei clădirii, performanța luminii naturale nu este încă suficient evaluată. Studiile privind performanța luminii naturale se concentrează de obicei pe geometriile fixe ale clădirii, iar variabilele de proiectare sunt de obicei limitate la orientare, raportul fereastră-perete, materialele ferestrelor și lungimea umbririi [8,12].

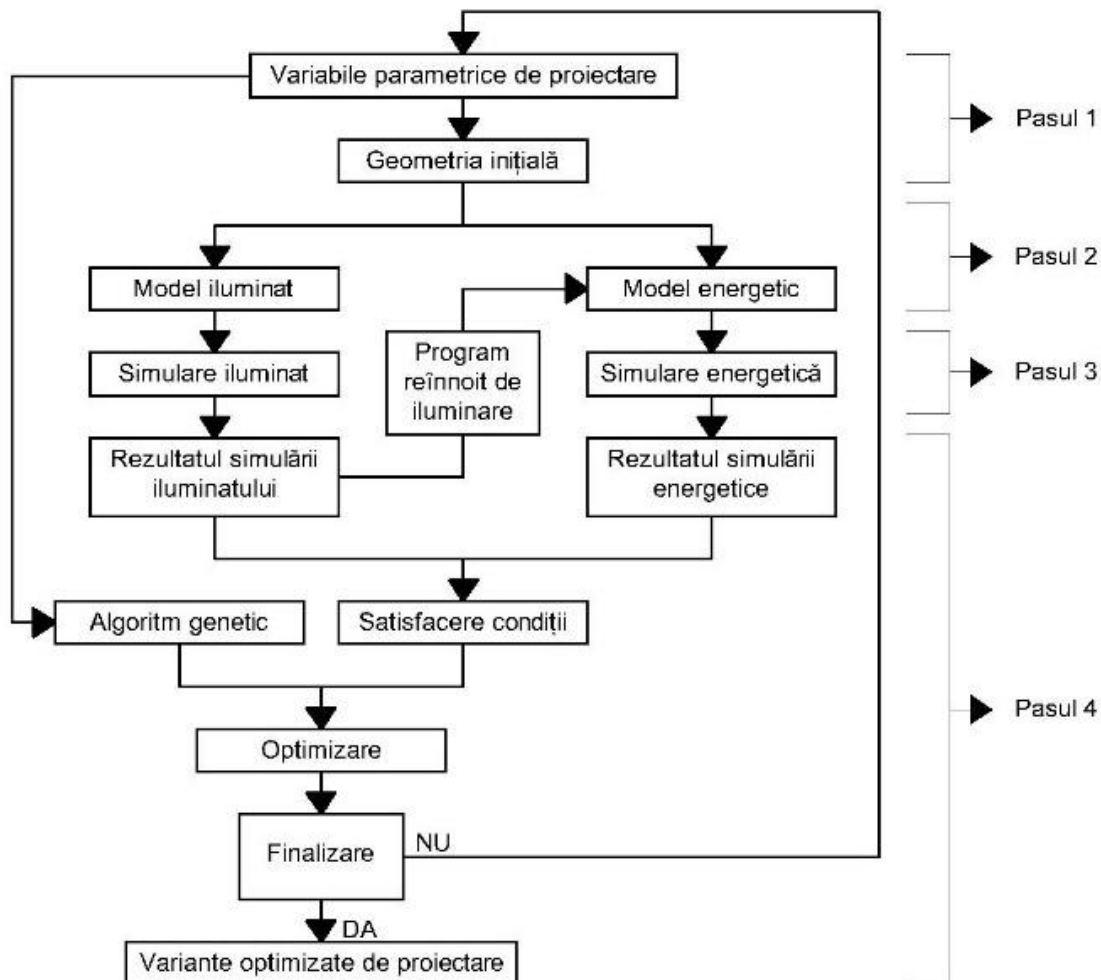


Figura 1. Proces și instrumente de optimizare a iluminatului [1]

În ultimii ani, există mai multe încercări de optimizare a geometriei clădirii luând în considerare atât lumina naturală, cât și performanța energetică. De exemplu, Futrell [9] au folosit o metodă de optimizare bi-obiectivă pentru a investiga proiectarea clădirii pentru necesitatea minimă de energie și iluminarea naturală maximă. Variabilele de proiectare au fost înălțimea tavanului, transmisia ferestrei, lățimea ferestrei, lungimea umbririi și lungimea raftului de lumină. A fost optimizat designul unei săli de clasă și s-au găsit compromisuri între performanța termică și cea a luminii naturale. Konis [10] au propus un cadru de optimizare a performanței pasive (PPOF) pentru a optimiza geometria clădirii, orientarea clădirii și configurația ferestrei pentru a îmbunătăți performanța luminii naturale și a energiei. Zhang [11,12,13] s-au concentrat pe orientare, adâncimea camerei, adâncimea coridorului, raportul fereastră-perete, materialele de geam și tipurile de umbrire ale designului sălii de clasă și au găsit compromisul optim între energie, timpul de disconfort vizual și nivelul de lumină naturală. În aceste studii, simularea energiei și a luminii naturale sunt două proceduri separate, iar economiile de energie din strategia de iluminare naturală nu sunt calculate.

### Cadrul de cercetare

Procesul de optimizare a performanței clădirii și software-ul necesar sunt ilustrate în Fig.1. Există patru pași principali în această abordare. Primul pas este identificarea variabilelor de proiectare care trebuie examinate și construirea unui model de proiectare parametrică. Al doilea pas este dezvoltarea modelului de lumină naturală și energetică. Al treilea pas este iluminarea naturală integrată și simularea energiei. Al patrulea pas este optimizarea multi-obiective. După ce optimizarea este terminată, datele de simulare și soluțiile optimizate de design sunt analizate și implementate.

### Grafice

Scatterploturile sunt dezvoltate pe baza datelor de optimizare colectate prin 1000 de simulări. Fiecare punct de date reprezintă o variantă de proiectare. Primul tip de diagramă de dispersie arată relația dintre o variabilă de proiectare și o măsurătoare de performanță. Scatterploturile cu o tendință evidentă pot indica de obicei un impact puternic al variabilei, în timp ce variabilele cu un impact scăzut nu arată nicio tendință. Lățimea lucarnului este una dintre variabilele care arată cea mai vizibilă tendință. Fig. 2 și 3 sunt dependența lățimii lucarnului față de UDI și EUI. Chiar dacă, la prima vedere, este o tendință de descreștere în graficele din Fig. 2, și o tendință de creștere în graficele Fig. 3, există o diferență considerabilă între cele 3 orașe. În ambele figuri, Miami are tendințele cele mai slabe, pe când Chicago arată tendințele cele mai puternice.

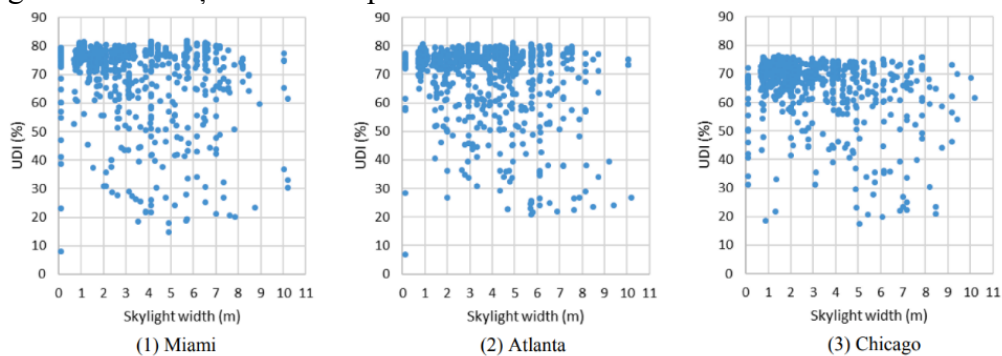


Figura 2. Scatterploturi a coeficientului de performanță la lumina naturală [1]

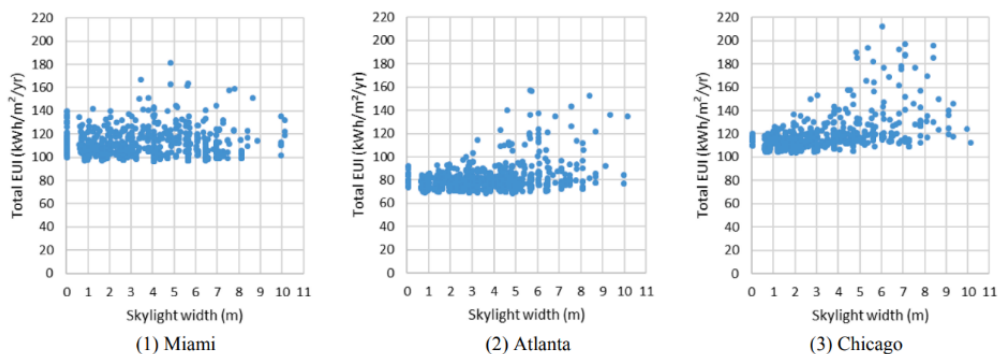


Figura 3. Scatterploturi ai indicelui de performanță energetică [1]

Considerând că UDI este procentul de timp când iluminatul este între 1000 și 2000 lux, lucarnele prea mari sau prea mici nu aduc beneficii pentru distribuția luminii. Fig. 3 arată că Atlanta obține cele mai mari valori ale UDI când lucarnele au o lățime de 4m, iar valoarea este între 1 și 2m pentru Chicago, însă cea mai mare valoare este greu de identificat în Miami. Graficele din Fig. 4 demonstrează opusul, dar soluțiile optime sunt în aceleași intervale: cea mai mică valoare EUI în Atlanta este obținută la lățimea lucarnului de 4m, iar în Chicago de aproximativ 2m.

Această cercetare propune un proces multi-obiectiv de optimizare a performanței clădirii în primele etape de proiectare. Procesul de optimizare implică proiectarea parametrică, simularea luminii naturale, simularea energiei și algoritmi genetici. Această metodă poate explora automat alternativele de proiectare a clădirii, poate evalua simultan iluminarea naturală și performanța energetică și poate găsi opțiuni de proiectare cu performanțe optime.

## **Concluzii**

În procesul de construcție, este deosebit de important de a atrage atenția la sustenabilitatea produsului final. Folosind metode științifice și rezonabile de analiză a geometriei și optimizării construcției și analiza acestora în timp, poate îmbunătăți calitatea proiectului și a întregii construcții. După cum putem observa în studiul de mai sus, optimizarea permite o creștere a performanței cu peste 30%, în același timp și economisind până la 20% energie. Optimizarea este necesară deoarece nu există o soluție universală, iar rezultatele variază de la caz la caz (ex. lățimea optimă a ferestrelor: Atlanta – 4m, Chicago – 2m). Cu dezvoltarea rapidă a industriei construcțiilor, cerințele de sustenabilitate continuă să crească, cercetătorii trebuie să continue să consolideze cercetarea în optimizarea construcțiilor, să ofere o bază teoretică adecvată pentru analiza construcțiilor, să promoveze dezvoltarea sănătoasă și stabilă a procesului de construcție.

## **Referințe**

1. YUAN Fang, Soolyeon Cho - Design optimization of building geometry and fenestration for daylighting and energy performance
2. CONTI, J., HOLTBERG, P., Diefenderfer, J., LaRose, A., Turnure, J.T., Westfall, L., 2016. International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040. United States
3. EDWARDS, L., Torcellini, P., 2002. Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. GOLDEN, CO.
4. Miles, J.C., Sisk, G.M., Moore, C.J., 2001. The conceptual design of commercial buildings using a genetic algorithm. *Comput. Struct.* 79, 1583–1592
5. AZARI, R., GARSHASBI, S., AMINI, P., RASHED-ALI, H., MOHAMMADI, Y., 2016. Multi-objective optimization of building envelope design for life cycle environmental performance. *Energy Build.* 126, 524–534
6. CARUSO, G., KÄMPF, J.H., 2015. Building shape optimisation to reduce air-conditioning needs using constrained evolutionary algorithms. *Sol. Energy* 118, 186–196
7. Цибики В.С., Борта Н.Е., Бурская Ю.О., *Возможности развития архитектурной бионики на территории Российской Федерации*, Материалы X Международной научно-практической конференции Комсомольск-на-Амуре, «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия», 14-16 декабря 2022 г., сс. 121-124, ISBN 978-5-7765-1538-5 (Ч. 1) [FKS\\_1.pdf \(knastu.ru\)](#)
8. CARLUCCI, S., CATTARIN, G., CAUSONE, F., PAGLIANO, L., 2015. Multi-objective optimization of a nearly zero-energy building based on thermal and visual discomfort minimization using a non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II). *Energy Build.* 104, 378–394
9. FUTRELL, B.J., OZELKAN, E.C., BRENTROP, D., 2015. Bi-objective optimization of building enclosure design for thermal and lighting performance. *Build. Environ.* 92, 591–602
10. KONIS, K., GAMAS, A., KENSEK, K., 2016. Passive performance and building form: An optimization framework for early-stage design support. *Sol. Energy* 125, 161–179
11. ZHANG, A., Bokel, R., van den DOBBELSTEEN, A., SUN, Y., HUANG, Q., ZHANG, Q., 2017. Optimization of thermal and daylight performance of school buildings based on a multi-objective genetic algorithm in the cold climate of China. *Energy Build.* 139, 371–384
12. ȚIBICHI, V. Elemente fundamentale pentru realizarea unei case perfecte. In: *tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților UTM*, Chișinău, 2010, pp. 343 -344. ISBN 978-9975-45-159-8.
13. ȚIBICHI, V. Rolul sistemelor automatizate de proiectare asistată de calculator în industria construcțiilor. In: *tezele Conferinței tehnico-științifice a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților UTM*, Chișinău, 2010, pp. 345 -346. ISBN 978-9975-45-159-8.