

ბუნებრივი განათების მოდელირება CAD სისტემებში

მზია დინუაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

CAD სისტემებში რეალიზებული გარემოს ენერგეტიკული ზემოქმედების ამსახველი ალგორითმების საერთო მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს სხვადასხვა ფიზიკური ხასიათის მოვლენების გეომეტრიული ინტერპრეტაცია ე.ი. გეომეტრიული გარდაქმნების ფორმალიზმის გამოყენება. ეს საკითხი განსაკუთრებულად თვალსაჩინოა ბუნებრივი განათების მოდელირების პრობლემებში, ზოგადად ფიზიკური, კერძოდ ოპტიკური და პროექციული ამოცანების გარკვეული ასოციატიურობისა და რიგ შემთხვევაში სრული ადეკვატურობის გამო. სტატიაში მოყვანილია შენობების და მოედნების მზის პირდაპირი განათების ხანგრძლივობის გაანგარიშების ალგორითმები და მაგალითები, დაფუძნებული CAD პაკეტების შესაძლებლობებზე. გაანგარიშება შეიძლება შესრულდეს „ხელის“ რეჟიმში ან პროგრამული რეალიზაციის საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: კომპიუტერული გრაფიკა, გეომეტრიული მოდელირება, ინსოლაცია, ბუნებრივი განათებულობა, AutoCAD, Architeqrural Desktop, 3DsMax, Sunlight, Daylight, Skylight

1. შესავალი

მზის რადიაციის (ინსოლაციის) და ბუნებრივი განათებულობის მოდელირება გამოიყენება სხვადასხვა სისტემების (შუქტექნიკის, თბოტექნიკის, ჯანდაცვის და სხვა ტექნიკური თუ სოციალურ-კულტურული ინფრასტრუქტურის ობიექტების) პროექტირების, შექმნისა და ოპტიმალური მართვის მიზნებისათვის. მზის რადიაციის მოდელირების ძირითადი მიზანია ზედაპირზე სრული (ჯამური) მზის რადიაციის, ან მისი ხანგრძლივობის განსაზღვრა გეოგრაფიული მდებარეობის (განედის), მეტეოროლოგიური ფაქტორების, წელიწადის თარიღის დღე-ღამის დროის და ზედაპირის დახრილობის გათვალისწინებით. ბუნებრივი განათებულობის პრობლემების კვლევა და ნორმირება საცხოვრებელი და საწარმო-შემოქმედებით, თუ რეკრეაციულ პირობების, მხედველობითი კომფორტის უზრუნველყოფასათანაა დაკავშირებული. ყველა შემთხვევაში ტექნიკური და ეკონომიკური საკითხები ამ აქტუალური ფენომენის მნიშვნელოვანი ასპექტებია.

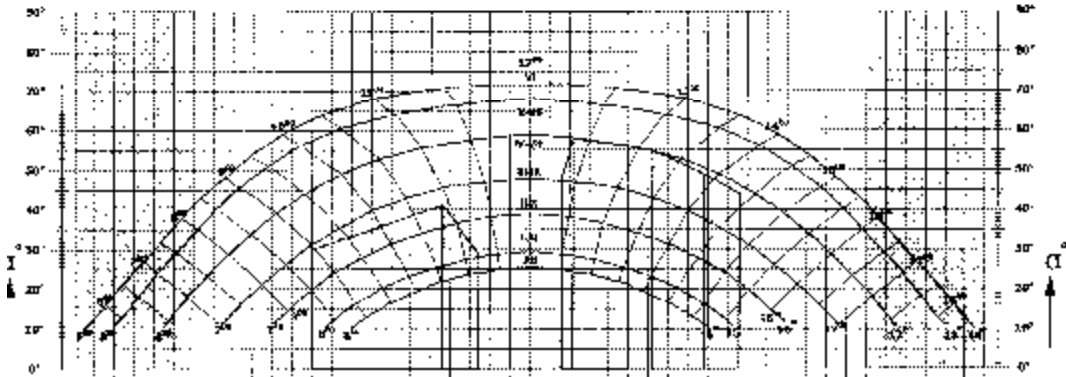
CAD სისტემებში რეალიზებული გარემოს ენერგეტიკული ზემოქმედების ამსახველი ალგორითმების საერთო მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს სხვადასხვა ფიზიკური ხასიათის მოვლენების გეომეტრიული ინტერპრეტაცია [1], ე.ი. გეომეტრიული გარდაქმნების ფორმალიზმის გამოყენება. ეს საკითხი განსაკუთრებულად თვალსაჩინოა ბუნებრივი განათების მოდელირების პრობლემებში, ზოგადად ფიზიკური, კერძოდ ოპტიკური და პროექციული ამოცანების გარკვეული ასოციატიურობისა და რიგ შემთხვევაში სრული ადეკვატურობის გამო.

2. ძირითადი ნაწილი

საქართველოში მოქმედი ნორმები (სნ და წ I-I-99 "ბუნებრივი განათებულობა და ინსოლაცია". თბილისი, 1999) განსაზღვრავს არქიტექტურულ-მოცულობითი და ქალაქგეგმარებითი გადაწყვეტისადმი სანიტარულ-ჰიგიენურ მოთხოვნებს ბუნებრივი განათებულობის და ინსოლაციის ნაწილში (ნორმები დამუშავებულია პროფესორ ლ. ბერიძის მიერ). ამ ნორმების დაცვა აუცილებელია სხვადასხვა დანიშნულების ახლად მშენებარე და რეკონსტრუირებადი შენობების, აგრეთვე ქალაქგეგმარებითი პროექტების შედგენის დროს. ამ ნორმების მოთხოვნათა გათვალისწინება არქიტექტურულ-სამშენებლო საქმიანობაში მონაწილე ყველა ფიზიკური და ოურიდიული პირისათვის. ნორმები ოპერირებს შემდეგი ცნება-ტერმინებით: სამუშაო ზედაპირი, გაჭუჭყიანების კოეფიციენტი, სათავსოს დამახასიათებელი ჭრილი. შუქურიკლიმატი, გარჩევის ობიექტი, ალბედო, კლიმატის მზიანობის კოეფიციენტი, გსკ-ს ღრუბლიანი ცა, ბუნებრივი განათება, გვერდითი ბუნებრივი განათება, ზედა ბუნებრივი განათება, კომბინირებული ბუნებრივი განათება, ბუნებრივი განათებულობის კოეფიციენტი (ბგკ), ბუნებრივი განათებულობის გეომეტრიული კოეფიციენტი, შენობის აზიმუტი, ინსოლაცია, მზის რადიაცია, დაჩრდილვის კონტური, მზის კოორდინატები და სხვა.

განაშენიანებაში შერჩეული საანგარიშო წერტილიდან მზის ტრეკტორიების ხილული ნაწილის დასანახად და ინსოლაციის ჯამური სექტორის (i_p) დასადგენად გამოიყენება ინსოლაციის საანგარიშო გრაფიკი. (ნახ.1.). აღნიშნული მეთოდით ინსოლაციის ანგარიში მდგომარეობს, განაშენიანებით და სხვა დამჩრდილავი ელემენტებით შექმნილი დაჩრდილვის კონტურის აგებაში და გრაფიკთან მისი შეთავსების გზით, მზის ტრეკტორიების ხილული ნაწილის და ინსოლაციის ჯამური სექტორის (i_p) დადგენაში.

ინსოლაციის საანგარიშო გრაფიკი
(ვიზუალურ ხივრკოი)



ნახ. 1

დარდილივის კონტურის ასაგებად გამოითვლება სამხრეთის ორიენტაციის მიმართ, საანგარიშო წერტილიდან ხილული, დამრდილავი ობიექტების საკვანძო და მათ შორის განლაგებული რამდენიმე წერტილის კოორდინატები (ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კუთხეები). დამრდილავი ობიექტების დანიშნული წერტილების კოორდინატების გამოსათვლელად გამოიყენება განაშენიანების გეგმა. წინასწარ ინომრება და თანმიმდევრობით დგინდება დამრდილავი ობიექტების დანიშნული წერტილების ჰორიზონტალური კუთხეები (β) სამხრეთის ორიენტაციის მიმართ (მისგან მარჯვნივ "+", მარცხნივ "-"), აგრეთვე (ობიექტების სიმაღლეების მიხედვით) მათი შესაბამისი ვერტიკალური კუთხეები.

ობიექტის სიმაღლე განისაზღვრება, როგორც სხვაობა საანგარიშო წერტილის ნიშნულსა და დამრდილავი ობიექტების საკვანძო წერტილის ნიშნულს შორის. სიმაღლის კუთხეების (α) გამოსათვლელად, გადაიზომება მანძილი საანგარიშო წერტილიდან ობიექტის დანიშნულ წერტილამდე, მიღებული მონაკვეთის ბოლოდან აღიმართება საანგარიშო სიმაღლის ტოლი ვერტიკალი, რომლის ბოლო შეუერთდება საანგარიშო წერტილს. წარმოადგენს კუთხეს ჰორიზონტალურ ხაზს და ამ ვერტიკალს შორის. დამრდილავი კონტურის ასაგებად მიღებული მნიშვნელობები გადაიზომება გრაფიკის აბსცისებზე (ცენტრალური ორდინატიდან მარჯვნივ და მარცხნივ) $n\beta^0$ კუთხეები, ხოლო გრაფიკის ორდინატებზე შესაბამისი α^0 კუთხეები. გადაკვეთის წერტილების ერთმანეთთან შეერთების გზით მიიღება დარდილივის კონტურის გამოსახულება.

მიღებული სურათის მიხედვით, აბსცისების ღერძზე, გამოითვლება წელიწადის ყოველი თვისთვის ცალ-ცალკე, საანგარიშო წერტილიდან ხილული ინსოლაციის ჯამური სექტორი. ამ სექტორების შეკრებით მიიღება წლიური ინსოლაციის ჯამური სექტორი (i_p). ინსოლაციის გაანგარიშებისათვის გამოიყენება პროფესორ ლ. ბერიძის ვიზუალურ - სივრცითი მეთოდი.

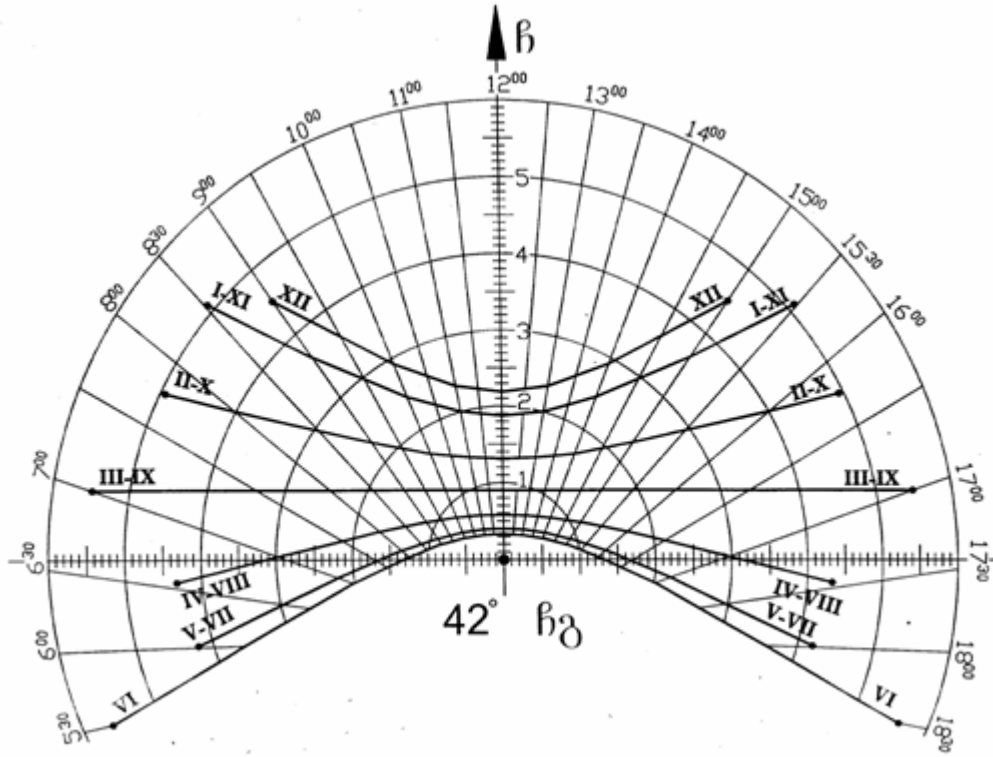
ბუნებრივი განათებულობის გეომეტრიული კოეფიციენტის საანგარიშო გრაფიკი გამოიყენება ბუნებრივი განათებულობის საანგარიშო კოეფიციენტში ცის პირდაპირი და დამრდილავი ობიექტებიდან ანარეკლი შუქის შემადგენელი ნაწილების საანგარიშოდ (ნახ.2).

გრაფიკის ვერტიკალურ შკალებზე დატანილია შუქლიობისა და განაშენიანების სიმაღლის კუთხეები ხოლო ჰორიზონტალურ შკალაზე – საანგარიშო წერტილზე გატარებულ ფასადიას ნორმალის მიმართ შუქლიობისა და განაშენიანების ჰორიზონტალური კუთხეები.

ზემოთმოყვანილი ნორმები ითვალისწინებს ტრადიციულ (არაავტომატიზირებულ) მეთოდით გაანგარიშებას. მაგრამ პრინციპულად შესაძლებელია CAD პაკეტების გამოყენება (ლ1). ამ მოსაზრების ილუსტრაციისთვის ქვემოთ განხილულია შესაბამისი მაგალითები.

გაანგარიშების ძირითად მეთოდად რჩება გრაფიკული ასახვა, ნომოგრამების – ინსოლაციური გრაფიკების მიხედვით. ამ მეთოდის შრომატევადობა მნიშვნელოვნად იზრდება არსებული კვარტლების გაშენების შემჭიდროვების მიზნით, რთული სივრცული ფორმის შენობების დაპროექტების დროს.

არქიტექტურული დაპროექტების პრაქტიკაში AutoCAD, Architectural Desktop-ის და სხვა პაკეტების აქტიური დანერგვის გათვალისწინებით, დამუშავებულია ინსოლაციის გაანგარიშების კომპიუტერული ალგორითმები, დაფუძნებული მითითებული პაკეტების შესაძლებლობებზე. ამ მხრივ აღსანიშნავია პროფ. ხეიფეცის მეთოდი [5].



ნახ.2

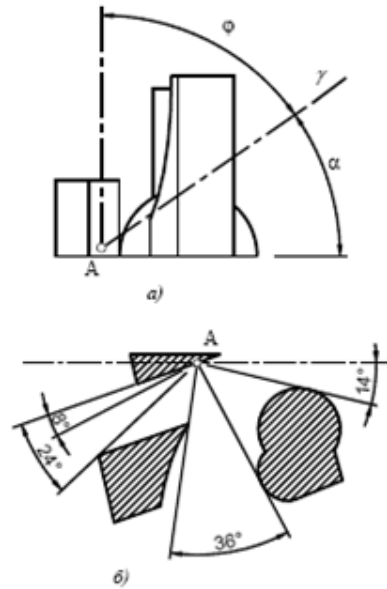
განხილულია შენობის ინსოლაცია, რომლის წინაგანთავსებულია გეომეტრიულად რთული ფორმის ანსამბლი (ნახ.3).

შენობების მოდელები აგებულია როგორც სოლიდს-ობიექტები მეორეხარისხოვანი ელემენტების გარეშე. გაანგარიშების A წერტილი შეესაბამება ქველა სართულის ფანჯარას. გეგმაზე ნაჩვენებია ისარი მიუთითებს მიმართულებას ჩრდილოეთისკენ. ინსოლაციის გაანგარიშებების დროს მიღებულია, რომ მზის სხივური ნაკადი წარმოადგენს საერთო შემთხვევაში კონუსურ ზედაპირს წვეროთი დაკვირვების წერტილში.

ბუნიობის დღეებში სხივური კონუსი გარდაიქმნება სიბრტყედ, რომელიც გადის დაკვირვების წერტილში. სხივური კონუსის ღერძი ხედვის სიბრტყის პარალელურია აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ მიმართულებით.

ინსოლაციის ხანგრძლივობის განსაზღვრისათვის აუცილებელია სხივური კვთების აგება, როგორც შენობების მოდელებთან სხივური კონუსის ან სხივური სიბრტყის გადაკვეთის შედეგი.

ბუნიობის დღისათვის გაანგარიშებისათვის კოორდინატების სისტემის X სიბრტყე უნდა დადგეს γ სხივური სიბრტყის გასწვრივ. ამისათვის UCS ბრძანებით მსოფლიო სისტემის კოორდინატების სათავე უნდა დადგეს გაანგარიშების A წერტილში, შემდეგ XOY სიბრტყეს



ნახ.3

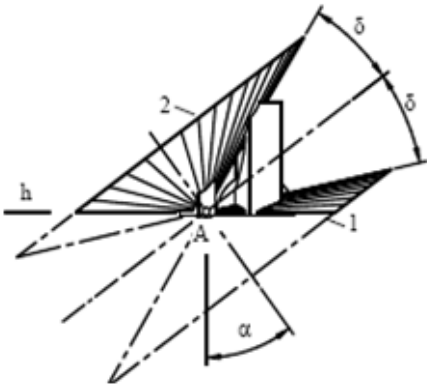
მობრუნდეს X ღერძის მიმართ კუთხეზე:

$$\alpha = 90 - \varphi,$$

სადაც φ – ადგილის განედია. (განხილულ მაგალითში $\alpha = 35^\circ$, $\varphi = 55^\circ$). შემდგომ შექმნილ ახალ ფენაზე (Laier) ბრძანების Section მეშვეობით სრულდება ობიექტების-შენობების კვეთა XOY სიბრტყით. მიმდინარის გარდა ყველა ფენის გაყინვის შემდეგ ხედი დგება კვეთის სიბრტყეზე (Plan ბრძანება).

ინსოლაციის ინტერვალები განისაზღვრება კუთხური ზომების დასმის მეშვეობით (წვეროთი გაანგარიშების წერტილში). განსახილველ მაგალითში გამოვლენილია ინსოლაციის სამი ინტერვალი. პირველი ინტერვალი (14°) არ არის გასათვალისწინებელი, რადგან იგი არ აღემატება ერთ საათს და არ სცილდება დროის ინტერვალს მზის ამოსვლიდან (1 საათი შეესაბამება 15°).

მესამე ინტერვალი უნდა შემცირდეს 80° -ით. გაანგარიშების წერტილის განთავსების სიღრმის გასათვალისწინებლად. ასე, A წერტილში ადგილი აქვს წვეტილ ინსოლაციას, ინტერვალიდან თითოეული ორი აღმატება 1 საათს. საერთო ხანგრძლივობა შეესაბამება 52° -ს, რაც შეადგენს 3 საათს და 28 წუთს. წვეტილი ინსოლაციის დასაშვები მნიშვნელობისას - 2,5 საათი.



ნახ. 4

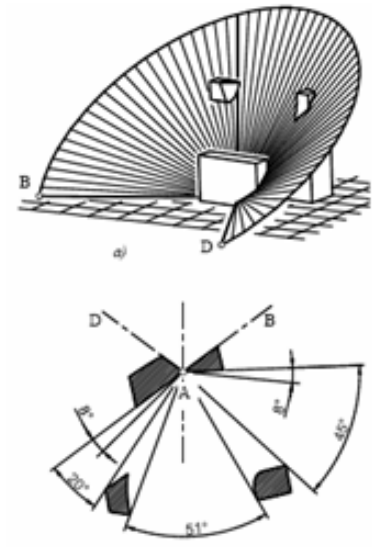
თუ გაანგარიშება სრულდება არა ბუნიობისათვის, მაშინ აგებენ სხივურ კონუსს. კონუსის პარამეტრები განისაზღვრება δ კუთხით მის ფუძესთან (ნახ.4). კონუსის ღერძი ბუნიობის სიბრტყის პერპენდიკულარია. მზის „დახრილობის კუთხე“ δ დამოკიდებულია m თვეზე. ბუნიობისათვის (მარტი $m = 3$ და სექტემბერი $m = 9$) კუთხე $\delta = 0$, ე.ი. კონუსი გარდაიქმნება სიბრტყედ. სხვა თვეებისათვის δ კუთხის გაანგარიშება შესაძლებელია ფორმულით:

$$\delta = 23.5 \cdot \cos(\pi \cdot (1 - m / 6)).$$

სხივური კონუსის შესაქმნელად გეგმაზე უნდა აიგოს კონუსის ფუძის წრეწირი (Circle), წრეწირი უნდა მოიცავდეს ყველა ობიექტს. Extrude ბრძანებით ამოწნეხილი წრეწირის ამოტვიფვრის კუთხე დამატებითაა δ კუთხესთან მიმართებაში.

Solidedit ბრძანებით, ოპციით Shell, იქმნება კონუსური ზედაპირის გარსი სისქით 0.1...0.0001. შეაბრუნეთ კონუსური გარსი შემოდგომა-ზამთრის პერიოდისათვის α კუთხეზე, კონუსი 1, გაზაფხულისა და ზაფხულისათვის - კუთხეზე ($\alpha + 180^{\circ}$), კონუსი 2, სადაც α - ბუნიობის სიბრტყის დახრის კუთხეა (იხ. ზემოთ). Slice ბრძანებით მოვაცილეთ კონუსის გარსის ქვედა (ღამის) ნაწილი. ჭრილის სიბრტყე - h ჰორიზონტის სიბრტყე - უნდა გადიოდეს კონუსის წვეროდან. საბოლოოდ კონუსური გარსის სეგმენტი უნდა გადაადგილდეს (Move ბრძანება) ისე, რომ კონუსის წვერო დაემთხვეს გაანგარიშების წერტილს.

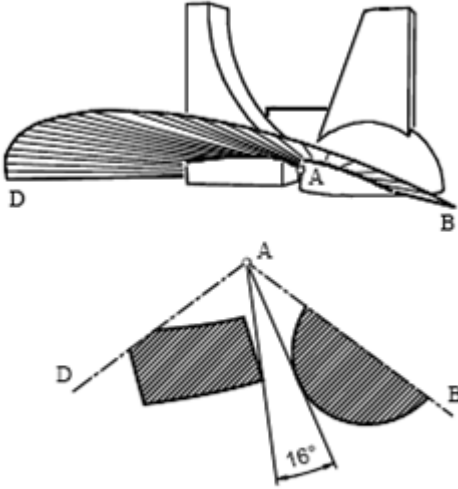
შემდეგი მოქმედებები განხილულია გაანგარიშების მაგალითზე ივლისისათვის. Interfere ბრძანებით, კონუსის გარსისა და ობიექტების-შენობების გადაკვეთის ობიექტების სახით მითითებით (ნახ.5), მივიღებთ სხივურ კვეთებს როგორც კონუსური გარსის სეგმენტებს. დავაცენოთ გარსში კოორდინატების სისტემა (UCS) ბუნიობის სიბრტყეში ან კონუსის ფუძის სიბრტყეში, მივცეთ სახე UCS ზედში და Solprof ბრძანებით შეიძლება ამ სიბრტყეზე სხივური კვეთების და სხივური კონუსის პროექციების მიღება. სხივური კონუსის ჭრილებს განსაზღვრავენ სხივები, რომლებიც შეესაბამება მზის ამოსვლის მომენტს, სხივი AB, და ჩასვლის მომენტს, სხივი AD. ინსოლაციის კუთხეები განლაგებულია ისევე, როგორც წინა მაგალითშია ნაჩვენები. ივნისისთვის ინსოლაციის ჯამურმა კუთხემ წერტილში ორი მოსაზღვრე 80° -იანი კუთხეების გარდა შეადგინა 100° , რაც შეესაბამება 6 საათს 40 წუთს.



ნახ. 5

AutoCAD-ში AutoISP პროგრამირების ენის არსებობამ ხელი შეუწყო ინსოლაციის ხანგრძლივობის გაანგარიშების ავტომატიზაციას. პროგრამა ეფუძნება სხივური კვეთის განსაზღვრის ალგორითმს, როგორც ბადისებური ობიექტების გადაკვეთის საზისა. ამისათვის ობიექტები უნდა იყოს წარმოდგენილი როგორც Pface ან 3Dmesh ტიპის ზედაპირები. თუ ობიექტები შექმნილია როგორც Solids, მაშინ შესაძლებელია მათი კონვერტაცია სივრცულ ბადეებში: ექსპორტი 3ds-ფორმატში, შემდეგ კი 3ds-ფაილის იმპორტი ახალ ნახაზში.

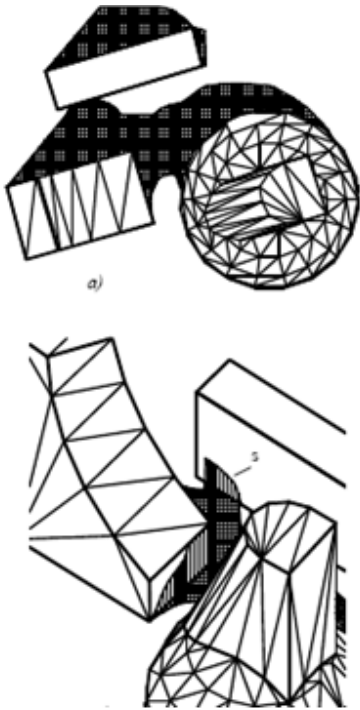
ამოხსნის სიზუსტის საჭირო დონე მიიღწევა Solids-ის წარმოდგენის კარკასის დისკრეტულობის გაზრდის მეშვეობით. (3Dmesh) ფორმა საშუალებას იძლევა ვაწარმოოთ გაანგარიშებები ობიექტებისათვის სხვა პაკეტებისგან (3DS MAX, ArchiCAD). ბადისებური ობიექტების პარამეტრები პროგრამულად მიიღება მონაცემთა ბაზიდან. ყალიბდება სიები, რომლებიც შეიცავს ობიექტის თითოეული წახნაგის წვეროების კოორდინატებს, სხივური კონუსი ასევე წარმოდგენილია სამკუთხედი წახნაგების სიის სახით (ნახ.6).



ნახ. 6

მათი ცენტრალური დაპროექტების საფუძველზე იმ სიბრტყეზე, რომელიც კონუსის ღერძის პერპენდიკულარულია. გაანგარიშება წარმოებს პროექციის მიხედვით ბუნიობის სიბრტყეზე (ნახ.7).

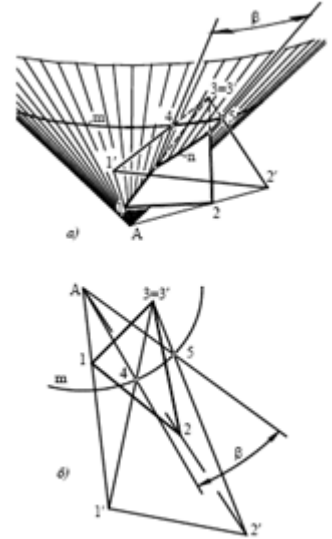
არაბუნიობისთვის ამოცანის სრული ამოხსნა ითხოვს სამკუთხედის კვეთების და კონუსის გადაკვეთის n ხაზების პოვნას. ამისათვის იგივე ცენტრალური დაპროექტების მეთოდის მეშვეობით განიხილება ობიექტების ყველა სამკუთხედის კვეთების გადაკვეთა სხივური კონუსის ყველა სამკუთხედის სემენტებით, ე.ი. ამოხსნა დაიყვანება ამოცანის მრავალჯერად განმეორებადლე ორი სამკუთხედის გადაკვეთის ხაზის პოვნის შესახებ. პროგრამა იძლევა საშუალებას გამოვიანგარიშოთ მოედნის ინსოლაცია და განვსაზღვროთ მისი ნორმებთან შესაბამისობა.



ნახ. 8

ბუნიობისთვის განისაზღვრება სამკუთხედი წახნაგების გადაკვეთის ხაზები ბუნიობის სიბრტყესთან. ამ წირის პოვნის ალგორითმი საკმაოდ მარტივია. თითოეულ წირზე იმყოფება წიბოს მიერ შექმნილი დაჩრდილვის კუთხური სექტორი. ამ წირების დაჯამება იძლევა ობიექტის სხივურ კვეთას, ყველა წახნაგების დაჩრდილვის სექტორების შეჯამება იძლევა ობიექტის მიერ შექმნილ დაჩრდილვის სექტორს. დაჩრდილვის სექტორების გამოკლება სრულ განათებული დღის მზის ტრაექტორიდან იძლევა ინსოლაციის საძიებელ ხანგრძლივობას.

გაანგარიშება საერთო შემთხვევისათვის, ე.ი. არა ბუნიობისთვის, სრულდება კონუსის და სამკუთხედის გადაკვეთის ხაზის პოვნის ალგორითმის მიხედვით,



ნახ. 7

ეს შეიძლება იყოს მიწის ან კედლის ზედაპირი. მოედანი წარმოდგენილია ბადის სახით მოცემული დისკრეტულობით, ბადის კვანძებში გადაადგილდება ინსოლაციის გაანგარიშების წერტილი. თითოეულ წერტილში განისაზღვრება ინსოლაციის ხანგრძლივობა. თვალსაჩინო შედეგის მისაღებად წერტილები მარკირდება, თანაც მარკერის ტიპი და ფერი ინსოლაციის დონეზეა დამოკიდებული.

მე-8 ნახაზზე ნაჩვენებია ნაკვეთის ინსოლაციის ნორმატიული გაანგარიშების შედეგი. დაშტრიხული არე შეესაბამება ინსოლაციის ხანგრძლივობას ორ საათამდე. საყურადღებოა, რომ „ძველი“ სახლის კედელზე ახალი შენობების განთავსების შედეგად წარმოიქმნა დაუშვებლად დაბალი ინსოლაციის მცირე არე.

CAD პაკეტებში არსებული ფოტორეალისტური ვიზუალიზაციის საშუალებები შუქის წყაროების პროგრამული მართვის შესაძლებლობასთან ერთად, საშუალებას იძლევა, დამუშავდეს ჩრდილის ცვალებადობის მოდელირება და შეიქმნას შესაბამისი ანიმაციები.

ამ ფიზიკური მოვლენის დინამიურობის ასახვა შესაძლებელია პროგრამაში არსებული ანიმაციის შექმნის საშუალებით მე-9 ნახაზზე ნაჩვენები განათების სისტემის Daylight მეშვეობით მიღებული დღის განათების დღიური ცვალებადობის კადრების სიმრავლიდან დილა-შუადღე-სალამოს ფაზების შესაბამისი 3 კადრის ამონარიდი (3Ds Max).

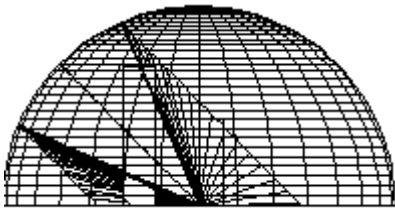


ნახ.9.

CAD სისტემების განვითარება, ახალი ვერსიების შესაძლებლობების გამოყენება, პოზიტიურად აისახება განსახილველ სფეროში. ქვემოთ მოყვანილია AutoCAD-ის საშუალებით მზის რადიაციის მოდელირების ავტორისეული (მ. დ.) ვარიანტი.

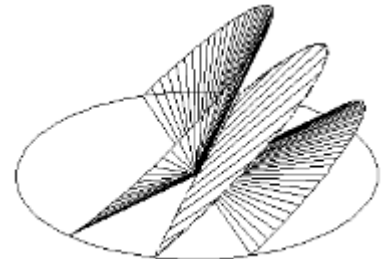
დღის განმავლობაში მზის მოძრაობის ტრაექტორია ინტუიციურად მისაღებ ზედაპირზე - ცის გუმბათზე წარმოსახება. გუმბათის ცენტრი დაკვირვების წერტილს ემთხვევა. გუმბათის ზომა განსახილველ ობიექტებს უნდა მოიცავდეს, სხვა მხრივ მის სიდიდეს პრინციპული მნიშვნელობა არ აქვს (რადგან საბოლოოდ ცენტრალური კუთხის მნიშვნელობაა საინტერესო და არა წირის - რკალის სიგრძე). მზის დახრილობის კუთხე გამოიანგარიშება ზემოთმოყვანილი ფორმულით. ბუნიობისთვის კვეთის ზედაპირი სიბრტყეა; ხოლო სხვა დროს -- კონუსურია, ე. ი. იმ კონუსის გვერდითი ზედაპირია, რომლის წვერო დაკვირვების წერტილშია მოთავსებული. საგულისხმოა ის ფაქტი, რომ დაკვირვების წერტილი, კონუსის წვერო და გუმბათის ცენტრი ერთმანეთს ემთხვევა, მზის მოძრაობის ტრაექტორიის განსაზღვრა, ანუ სფეროსა და კონუსის კვეთის მოძებნა ტრივიალურ შემთხვევაში დადის და წრიულ რკალს ე. ი. ბრტყელ წირს წარმოადგენს.

დასხვიების სექტორის, ანუ რადიაციის ხანგრძლივობის ეკვივალენტის დადგენა აღარ საჭიროებს კორდინატთა სისტემის ბრუნვა-შეთავსების, მხაზველობითი გეომეტრიის სხვა მეთოდებისა და ზედაპირების 3D ბადეებად წარმოდგენის აუცილებლობას, რადგანაც სხეულების გადაკვეთის (ან



ნახ.10-ა.

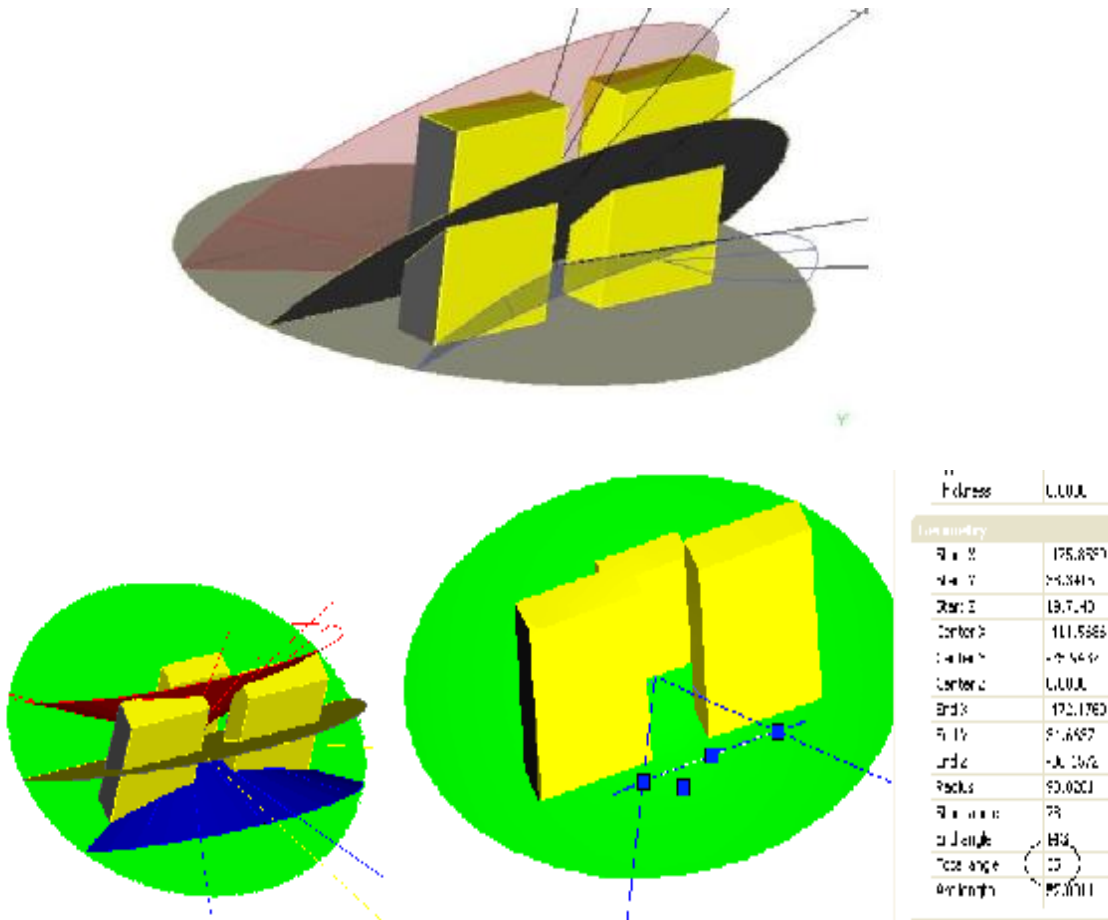
სისტემები Sunlight (მზის სინათლე), Daylight (დღის სინათლე), რომლებიც დღის სინათლის იმიტაციისთვის განსაზღვრული გეოგრაფიული პუნქტისა (გრძედი, განედი) და წელიწადისა და დღის დროისათვის (წელიწადი, თვე, დღე, საათი, წუთი, წამი). ორივე შემთხვევაში გამოიყენება დამხმარე ხელსაწყო compass (ობიექტების ორიენტაციისთვის ქვეყნის მხარეების მიხედვით). ძირითადი განსხვავება ამ ორ სისტემას შორის იმაშია, რომ სისტემა Sunlight ეფუძნება სინათლის წყაროს Direct (დაშორებული, მიმართული), ხოლო Daylight კი სტანდარტულ განათების წყაროებს – light (ცის განათება) და Sunlight სისტემებს. როგორც წესი Sunlight იძლევა ჩრდილებს Ray Traced Shadows ტიპისა. ხოლო სისტემური პარამეტრებია ზემოთ აღნიშნული გეოგრაფიული და დროებრივი მაჩვენებლები, ან კონკრეტული მსხვილი ქალაქი (სიის მიხედვით, ან რუქაზე მინიშნებით). სხვა პარამეტრებიდან აღსანიშნავია ცის დრუბლიანობის ხარისხი: Clear (მოწმენდილი ცა), Partly Cloudy (ნაწილობრივი დრუბლიანობა), Cloudy (დრუბლიანობა).



ნახ.10-ბ.

აღსანიშნავია, რომ AutoCAD-ის ახალ ვერსიებში ვიზუალიზაციის (Render) ფონის ახლებური ინტერპრეტაცია შეიცავს ოფციას Sun & Skay, მსგავსი პარამეტრებით (პროექტის ადგილმდებარეობისა და სისტემური დროის გათვალისწინებით), იხ. ნახ.11. გამოყენებითი პაკეტების ახალ ვერსიებში უფრო რეალური შედეგის მისაღებად გამოიყენება ეგრეთწოდებული ფოტომეტრიკული სინათლის წყაროები, რომლებიც უფრო ზუსტად ასახავენ განათებულობას, ფერს, სინათლის ძალას, რითაც ხასიათდებიან რეალური სინათლის წყაროები, კერძოდ გამოსხივება ხასიათდება მიღებული ფიზიკური განზომილების ერთეულებში კანდელებში (cd), ლიუმენებში (lm) და ლუქსებში (lx). ზემოთ აღნიშნული სინათლის წყაროების ფოტომეტრიკული ალტერნატივებია IES Sun და IES Sky სისტემები (აბრევიატურა IES - Illuminating Engineering Society). ჩვეულებრივად გამოიყენება ინსოლაციის დეტერმინისტული მოდელები დედამიწის მოძრაობის ტრაექტორიის ცხადად პროგნოზირებულობის გამო. ამავე დროს ინსოლაცია ალბათური სიდიდეა. შესაძლებელია მისი განხილვა როგორც სტატისტიკური მოვლენა, რომელიც ვითარდება დროში ალბათობის თეორიის კანონებით. დაკვირვებების შედეგების თანმიმდევრობა წარმოადგენს დროებრივ რიგს, რომლის გაანალიზების შედეგად შეიძლება სტოხასტიკური მოდელის შემუშავება მინიმალური პარამეტრებით ინსოლაციის მნიშვნელობის გარკვეულ ინტერვალსა და გამოსაკვლევი პროცესის ადექვატურად განსაზღვრისთვის. ასეთი მოდელი შედგება ორი ნაწილისაგან:

- დეტერმინირებული ნაწილი – უღრუბლო ცის, დღეების ჯამური რადიაციის ანგარიში (უღრუბლო ცის მოდელი);
- სტოხასტიკური ნაწილი – მოღრუბლული ცის, მზის რადიაციის შესუსტების კოეფიციენტის განსაზღვრა.



ნახ.11

ულრუბლო ცის მოდელი დღეისათვის კარგად არის დამუშავებული, მასში ძირითადად ოთხი ფაქტორია გათვალისწინებული: მოდელირების რაიონის გეოგრაფიული განედი (θ); მოდელირების დღის ნომერი წელიწადში (n); მოდელირების რაიონის ატმოსფერული გაჭუჭყიანების მაჩვენებელი (უმცირესი ნაწილაკების რაოდენობა ჰაერში $1 \text{ სმ}^2 - m$); მოდელირებული რაიონის ატმოსფეროს ტენიანობის მაჩვენებელი, გამოყოფილი წყლის რაოდენობა მმ, (w).

მზის რადიაციის ჯამური მნიშვნელობა ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ულრუბლო ცის შემთხვევაში (Q) იანგარიშება გამოსახულებით:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} [S(t) + D(t)] dt$$

სადაც, S - მზის პირდაპირი რადიაციაა ჰორიზონტალურ ზედაპირზე; ვტ/მ²; D - გაფანტული რადიაციაა ჰორიზონტალურ ზედაპირზე, ვტ/მ²; t - ჭეშმარიტი მზის დრო, სთ. t_1, t_2 მზის ამოსვლისა და ჩასვლის ჭეშმარიტი დრო, სთ.

სტოქასტიკურ ასპექტში ღრუბლიანობის აღწერა ერთ მოდელში საკმაოდ პრობლემატურია. არსებული მოდელები ეფუძნება ღრუბლების წარმოშობისა და ტრანსფორმაციის კავშირს სხვადასხვა სინოპტიკურ მახასიათებლებთან (ჰაერის მასები, ატმოსფერული ფრონტები, წნევის ცვალებადობა).

მაგალითად **მონაცემთა გაზომვაზე დაფუძნებული მოდელი** გათვალისწინებულია კონექციური ღრუბლიანობის პროგნოზირებისთვის განსაზღვრულ დროის მომენტში. **ფენოვანი ღრუბლების ევოლუციის მოდელი** იძლევა ორი მდგომარეობის იდენტიფიკაციას: ღრუბლიანობის წარმოშობა და მისი გაფანტვა. **სტატისტიკური მოდელი** ეფუძნება მოსაზრებას, რომ მოვლენათა რიგი ღრუბლიანობის გადასვლისა ერთი მდგომარეობიდან მეორეში დროსა და სივრცეში განისაზღვრება პუასონის კანონით.

მოდელი $\langle \tau, r, B, Q, G \rangle$

სადაც, τ - პროგნოზის ინტერვალია, r - მანძილი ერთგვარ ზონაში განლაგებულ რაიონებს შორის, B - ღრუბლიანობის მდგომარეობების რაოდენობა, $Q(r)$ და $G(r)$ ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის ალბათობის მატრიცებია სივრცისა და დროის განზომილებაში.

არსებობს აგრეთვე ე.წ. მონაცემთა დამუშავების არამკვეთრი ჯგუფური მეთოდი, რომელიც არ იყენებს აპრიორულ ცოდნას სისტემის სტრუქტურის შესახებ, ევრისტიკული პრინციპით ახდენს არაწრფივი სისტემის მოდელირებას შემაჯავალი და გამომაჯავალი მონაცემების მიხედვით. ამინდის პროგნოზის სამსახური ამჟამად თითქმის სავსებით ავტომატიზებულია და ერთ-ერთი განვითარებადი ინტერნეტ მომსახურების სახეობაა.

3. დასკვნა

საჭიროდ მიგვაჩნია კიდევ ერთხელ ხაზი გავუსვათ შუქტექნიკის, ასევე თბოტექნიკის, როგორც ზოგადი, ასევე ზემოაღნიშნულ კერძო პრობლემების აღწერის, შესწავლის, კვლევისა და მართვის სფეროში სისტემური მიდგომის და თანამედროვე ტექნიკური და მეთოდოლოგიური საშუალებების უალტერნატივოდ (ზედმეტი ემპირიზმის, აპროქსიმაციისა და დისკრეტულობის სანაცვლოდ, რამდენადაც ამის საშუალებას იძლევა CAD სისტემების დღევანდელი განვითარების დონე) გამოყენების აუცილებლობის საკითხს, მოდელის ტიპის (ურთიერთგამომრიცხავი ალტერნატიული თვისებების: წრფივი - არაწრფივი, უწყვეტი - დისკრეტული, სტატიკური - დინამიური, დეტერმინისტული - სტოქასტიკური და სხვა) შესაბამისი ფორმალიზაციის აპარატის არჩევის პრობლემას. შესასწავლი სფეროს ზემოგანხილულ სეგმენტში ეს შეიძლება გამოიხატოს ერთის მხრივ, ენერგეტიკული ზემოქმედების ძირითადი კატეგორიების: მზის განათება, ცის განათება, ღლის განათება (მათი ფიზიკური პარამეტრების უნიფიცირებული ნომენკლატურით) და მეორეს მხრივ, არქიტექტურულ-სამშენებლო, ორთოგრაფიული თუ სხვა (როგორც წესი CAD სისტემებში აღწერილ / დაპროექტებულ) ობიექტების ერთობლიობის ცხადად, დიფერენცირებულად წარმოსახვაში; „ოპტიკური ხატის“ განზოგადოებულ გაგებაში, საბოლოო ჯამში, დაკვირვების წერტილიდან, მოედნიდან „დანახულ“ რასტრულად, თუ ვექტორულად აღწერილ სურათის მანათობელ ობიექტად მიღებაში; ფიზიკური მოვლენის გეომეტრიული ინტერპრეტაციით თვალსაჩინოების შემეცნებითი მნიშვნელობის ამაღლებაში: გეომეტრიული ფორმალიზაციის შედეგად ევრისტული, თუ მათემატიკურად მკაცრი მიგნებების სტიმულირებაში. კერძოდ, ამის მაგალითია სფეროდ წარმოსახული ცის გუმბათისა და დაკვირვების წერტილიდან აგებული კონუსური ზედაპირის კვეთის მზის მოძრაობის ტრაექტორიად (დროის ეკვივალენტური კვალი) გამოყენების და შემდგომ მისი გაზომვის, ჩვენს მიერ ზემოთშემოთავაზებული წინადადება.

ლიტერატურა

1. ბერიძე ლ., კიკნაძე ზ., დინუაშვილი მ. გეომეტრიული გარდაქმნების გამოყენება CAD სისტემებში რეალიზებულ გარემოს ზემოქმედების ამსახველ ალგორითმებში. "ინტელექტუალი", №8, 2009
2. Архитектурная физика / Под ред. Н.В. Оболенского. М., Стройиздат. 1998. – 448 с.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 "Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий".
4. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М., Машиностроение. 1978 – 239 с.
5. Хейфец А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. М., Диалог МИФИ. 2002 – 432 с.
6. სნ და წ I-I-99. ბუნებრივი განათება და ინსოლაცია. თბილისი, 1999
7. <http://on-stroi.ru/> Б. А. Дунаев и др.
8. Симанков В. С. , Шопин А. В. , Бучацкий П. Ю.. Моделирование инсоляции при управлении фотоветроэнергетическими системами. КГТУ, г. Краснодар МГТИ, г. Майкоп.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В САД СИСТЕМАХ

Динуашвили М.

Грузинский Технический Университет

Резюме

Геометрическая интерпретация различных физических явлений является методологической основой, реализованных в САД системах алгоритмов, отображающих энергетическое воздействие внешней среды. Что особенно очевидно при моделировании проблем естественного освещения. в виду определенной ассоциативности или полной адекватности энергетических, оптических и проекционных задач. В статье рассмотрены алгоритмы и примеры расчета прямой солнечной радиации зданий и площадок. Расчет может быть проведен в "ручном" режиме работы пакета, либо на основе программной реализации.

MODELLING OF NATURAL ILLUMINATION IN CAD SYSTEMS

Dinuashvili Mzia

Georgian Technical University

Summary

Geometrical interpretation of the various physical phenomena is the methodological basis, realized in CAD systems of the algorithms displaying power influence of environment. That is especially obvious at modelling problems of natural illumination under the certain associativity or full adequacy of power, optical and projective problems. In article the algorithms are considered and examples of calculation of direct solar radiation of buildings and sites of territory are given. Calculation can be lead in a "manual" mode package, or on the basis of program realization.