

Marica Starešinič, Jure Ahtik, Barbara Simončič in Sabina Bračko
Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

Določanje barve objektov v urbanem okolju s spektroradiometrom

Determination of Object Colours in Urban Environments Using Spectroradiometry

Izvirni znanstveni članek/Original Scientific Paper

Poslano april 2012 • Sprejeto maj 2012

Izvleček

Če želimo barvo objekta prilagoditi barvam v okolju, jih je treba opredeliti z natančno in objektivno metodo. Spektroradiometer omogoča merjenje odbite svetlobe s površine objekta tudi na večjih razdaljah, pri tem pa ima pomembno vlogo izhodišče opazovanja. Zato je bil cilj raziskave ugotoviti, kako na rezultate meritev vpliva razdalja merjenja. Za analizo barv objektov v urbanem okolju smo uporabili spektroradiometer PR – 650 (Macbeth, ZDA). Meritve so bile izvedene ob različnih časih dneva v različnih vremenskih razmerah, pri čemer so bili zajeti objekti do višine štirih metrov. Izbrali smo 70 objektov in izvedli meritve z razdalje 10 oziroma 50 metrov. Rezultati meritev so bili zbrani kot refleksijski spektri opazovanih površin ter preračunani v koordinate barvnega prostora CIELAB. Rezultati so pokazali, da ni mogoče vnaprej definirati barve, ki bi imele identične karakteristike pri opazovanju z različnih razdalj. Zelo verjetno odstopanja nastanejo zaradi nehomogene površine objektov in zaradi manjših odstopanj v mestu zajema, barvne razlike ΔE_{ab}^* pa lahko znašajo celo do 40 enot. Raziskava je pokazala, da zaradi navedenih omejitev spektroradiometrija ni absolutno najboljša metoda za določanje barve objektov v okolici, s povečanjem števila meritev v različnih razmerah pa lahko pridobimo dovolj zanesljive in uporabne rezultate. Na podlagi rezultatov lahko povzamemo, da v urbanem okolju mesta Ljubljane prevladujejo nevtralne barve različnih stopenj svetlosti.

Ključne besede: spektroradiometer, barve urbanega okolja, barvni prostor CIELAB, barvne razlike

Abstract

To adjust the colour of an object to the colours in an environment, it is necessary to define a precise and objective method. Spectroradiometry enables the measuring of reflected light from the surface of an object at larger distances, where the important role is that of the baseline observation. The aim of this study was thus to determine how the distance of the measurement affects the measurement results. To analyse the colours of buildings in the urban environment, we used a spectroradiometer PR-650 (Macbeth, USA). The measurements were performed at different times of the day in various weather conditions and the objects up to 4 m in height were covered. We selected 70 objects and measured them from the distance of 10 m and 50 m. The measurement results were collected as reflection spectra of the observed surface and recalculated into the CIELAB colour space coordinates. The results showed that it is not possible to define in advance a colour which would have identical characteristics as seen from

Vodilni avtor/corresponding author:
dr. Marica Starešinič
tel.: +00386 1 200 32 69
e-mail: marica.staresinic@ntf.uni-lj.si

Tekstilec, 2012, letn. 55, št. 2, str. 87–91

various distances. Very likely, deviations occur due to inhomogeneous surface structures and for minor variations in cover, the colour differences ΔE_{ab}^ can be up to 40 units. The results showed that due to limitations, spectroradiometry does not represent the absolute best method for determining the colour of buildings in the area; however, by increasing the number of measurements in different conditions, sufficiently reliable and useful results can be obtained. Based on the results, it can be concluded that the urban area of Ljubljana is dominated by neutral colours of different brightness levels.*

Keywords: spectroradiometer, urban environment colour, CIELAB colour space, colour difference

1 Uvod

Če želimo barvo določenega izdelka prilagoditi barvi okolja, moramo to opredeliti s čim natančneje in objektivno metodo. Pri tem imamo na voljo različne postopke. Digitalna fotografija omogoča hiter in natančen posnetek stanja, uporablja se tudi, če želimo opisati barve v okolici. Na opredelitev barve okolja v tem primeru vplivajo zunanji dejavniki, kot so osvetlitev, vremenske razmere, čas dneva, razdalja opazovanja in fotografiranja ter tudi različne nastavitve kamere.

Digitalna fotografija je bila uporabljena tudi za zajem barv, da bi oblikovali poseben tekstilni vzorec [1, 2]. Na podlagi analize velikega števila fotografij so avtorji predstavili najpogostejše zastopane barve, ki so bile izhodišče za oblikovanje posebnega kamuflažnega vzorca. Analiza tipičnih oblik in barv v okolju z uporabo matematičnih algoritmov je v takem primeru podlaga za izdelavo vzorca [3].

Uporaba barvnih kart, kot so na primer Munsellov barvni sistem [4], Natural Colour System [5] in RAL - Design System [6], omogoča boljšo predstavilo o barvi. Pomanjkljivost takšnega načina opisovanja barv v okolju je, da so opazovani objekti včasih težko dostopni in neposredna primerjava s predlogo v barvni karti ni mogoča. Na takšno vrednotenje barve vpliva tudi osvetlitev in pa dejstvo, da je nabor barvnih predlog v vzorčnih kartah omejen.

Za analizo kamnitih zidov v Angliji je bila uporabljena spektrofotometrična analiza [7]. Avtorji so dobljene rezultate primerjali s fotografijami za izdelavo modela, ki bi bil neodvisen od svetlobnih razmer, npr. sončne in senčne lege. Za zagotavljanje uporabnih rezultatov je bilo priporočeno večje število meritev v različnih letnih časih.

Spektorradiometer omogoča merjenje odbite svetlobe s površine objekta na večjih razdaljah.

Za opazovanje reprezentativnih barv okolja se uporabljajo meritve s spektorradiometrom, pritrjenim na satelit, ki posname okolje pod različnimi koti glede na sonce [8]. Taka metoda se je izkazala kot uporabna za opazovanje ekosistemov in sprememb, ki so posledica menjave letnih časov. Rezultati se uporabljajo za izdelavo modelov za analizo biofizikalnih parametrov. Trenutno je v vesolju več satelitov [9] za opazovanje oceanov za ekološke raziskave na podlagi biogeokemijskih analiz. Meritve iz vesolja se izvajajo z uporabo aparatov, ki so pred tem natančno kalibrirani. Med opazovanjem in merjenjem pa so potrebne še dodatne kalibracije. [10]

Za analizo površinske temperature [11] v mestih se uporablja kamera TIR (*Thermal Infrared Camera*), s katero se lahko iz letala posnamejo temperaturni parametri. Takšen postopek omogoča izdelavo teoretičnih modelov. V raziskavi so avtorji sočasno opravili tudi meritve s spektorradiometrom. Metoda se je pokazala kot uspešna pri proučevanju vpliva urbanega okolja na atmosfero z razdalje od nekaj sto metrov do nekaj kilometrov.

Če se meritve izvajajo z velike razdalje, kot so na primer meritve iz vesolja, manjše razlike v oddaljenosti ne vplivajo na rezultate analiz. Glede na to, da spektorradiometer v meritve zajame razmeroma majhno površino, nekateri avtorji priporočajo večje število meritev ter izdelavo podatkovnih baz spektrov, izmerjenih na terenu [12].

Spektorradiometrija se je do zdaj na različnih področjih izkazala kot objektivna in zanesljiva metoda, ki bi lahko bila uporabna tudi za določanje barve objektov v urbanem okolju. Določena omejitev je dejstvo, da je merilna površina majhna, kar lahko zlasti pri nehomogenih objektih povzroči, da za isto fasadno površino določimo različne barvne vrednosti, pri tem pa ima pomembno vlogo tudi izhodišče opazovanja. Zato je bil cilj raziskave ugotoviti, kako na rezultate meritev s spektorradiometrom vpliva razdalja merjenja.

2 Eksperimentalni del

2.1 Meritve objektov

Meritve s spektrometrom PR – 650 (Macbeth, ZDA), območje meritev 380–780 nm, korak meritev 4 nm, 2° idealni opazovalec, prostorski kot zajema 1°) smo izvedli ob različnih časih dneva, v sončnem in oblačnem vremenu, pri čemer smo zajeli naključno izbrane objekte do višine štirih metrov. Izbrali smo 70 objektov in izvedli meritve z dveh različnih razdalj: 10 oziroma 50 metrov.

2.2 Analiza barv

Rezultate meritev smo zbrali kot refleksijske spektre opazovanih površin ter jih preračunali v koordinate L^* , a^* , b^* in C_{ab}^* barvnega prostora CIELAB [13]. Barvno razliko, nastalo zaradi različne razdalje opazovanja, smo izračunali z enačbo (1) CIELAB za izračun barvnih razlik:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

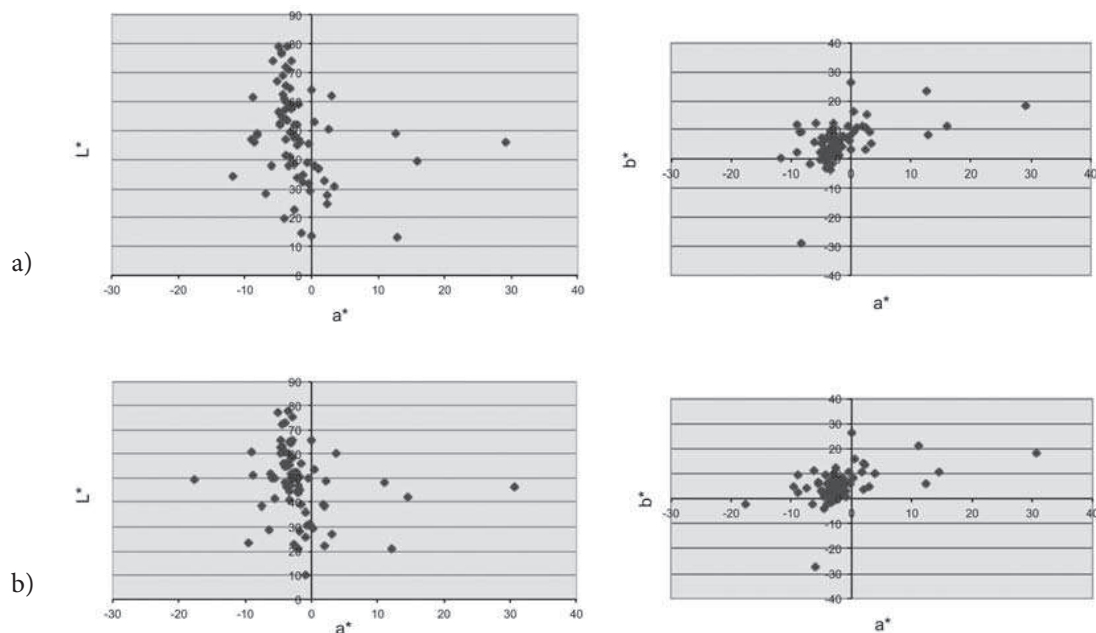
ΔL^* , Δa^* in Δb^* so razlike v vrednostih koordinat, določenih z razdalje 10 oziroma 50 metrov.

3 Rezultati in razprava

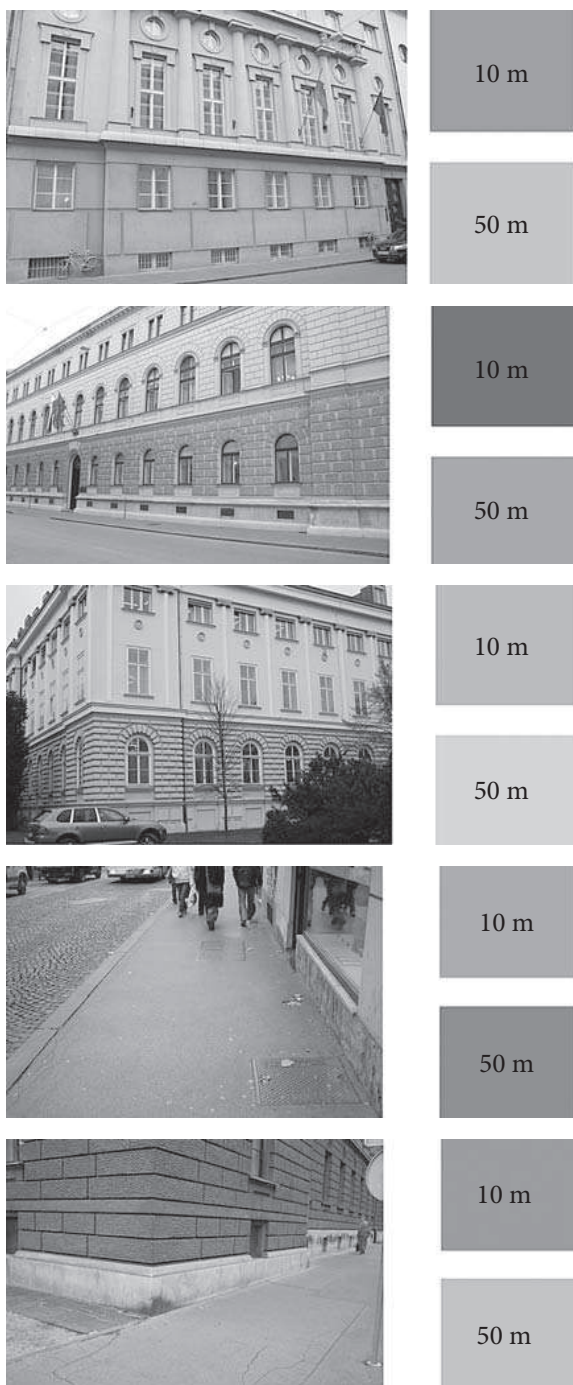
Na sliki 1 so prikazani rezultati meritev objektov s spektrometrom v barvnem prostoru CIELAB za dve različni razdalji opazovanja: 10 in 50 metrov.

Meritve so pokazale, da v mestnem okolju prevladujejo nevtralne, akromatske barve, saj se večina vzorcev nahaja blizu sive osi barvnega prostora CIELAB. Svetlost površin, L^* , je lahko zelo različna in sega od 12 do 80 enot. Kot pomemben dejavnik pri opredeljevanju barve se je izkazala razdalja opazovanja; iz rezultatov je razvidno, da ni mogoče vnaprej definirati barve, ki bi imela identične karakteristike pri opazovanju z razdalje 10 in 50 metrov, saj se vrednosti koordinat CIELAB, določene za isto površino z razdaljo 10 oziroma 50 metrov, močno razlikujejo. Zelo verjetno odstopanja nastanejo zaradi nehomogene površine objektov. Mogoče je tudi, da razlike nastopijo kot posledica nekoliko različnega mesta zajema svetlobe, odbite s površine objekta. Podrobnejša analiza je pokazala, da lahko znašajo barvne razlike, ΔE_{ab}^* , celo do 40 enot. Takšni rezultati kažejo, da je izmerjena barva močno odvisna od razdalje opazovanja. Zelo verjetno bi bil ta vpliv manjši pri opazovanju z bistveno večjih razdalj, saj lahko pričakujemo, da pri opazovanju z dovolj velike razdalje struktura površine nima bistvenega vpliva. Prav tako bi bilo mogoče zmanjšati odstopanja s povečanjem števila meritev na istem objektu.

Na sliki 2 so prikazane fotografije petih izbranih objektov ter barvi, določeni na podlagi meritev z razdalje 10 oziroma 50 metrov, pri čemer je razviden pomen razdalje opazovanja pri določanju barve objekta.



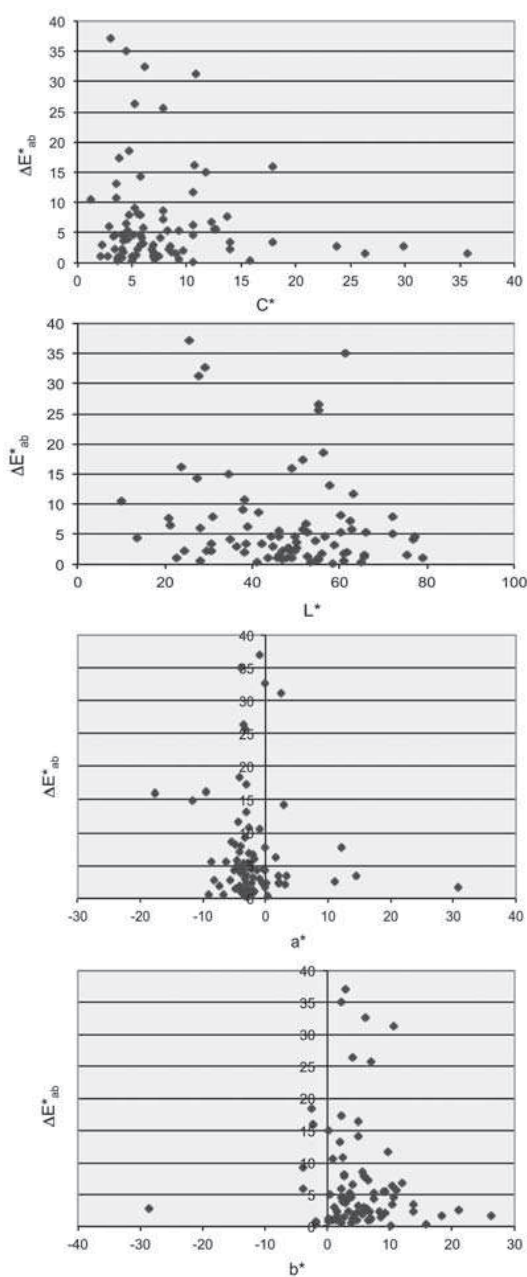
Slika 1: Diagrami odvisnosti L^* od a^* ter b^* od a^* za barve, dobljene na podlagi meritev objektov s spektrometrom z razdalje 10 m (a) oziroma 50 m (b)



Slika 2: Fotografije petih izbranih objektov in barvi, določeni na podlagi meritev z razdalje 10 oziroma 50 metrov

V nadaljevanju smo želeli ugotoviti, ali na barvne razlike, ki nastanejo kot posledica različne razdalje meritev, vplivajo barvnometrične lastnosti površine. Na sliki 3 so prikazane barvne razlike, ΔE_{ab}^* , nastale kot posledica različne razdalje opazovanja oziroma

merjenja, v odvisnosti od lege na koordinatah L^* , a^* , b^* in krome, C_{ab}^* , ki opiše nasičenost barve. Iz slik lahko razberemo, da ni očitne povezave med razponom barvnih razlik in lastnostmi barve. Zato lahko sklepamo, da razdalja, na kateri izvedemo meritve s spektorradiometrom, vpliva na določanje barve objektov, ne glede na lastnosti barve – bodisi da gre za svetlejše, temnejše, bolj ali manj izrazito obarvane površine, ne glede na barvni ton.



Slika 3: Barvne razlike, ΔE_{ab}^* , nastale kot posledica različne razdalje opazovanja, v odvisnosti od koordinat C_{ab}^* , L^* , a^* in b^* v barvnem prostoru CIELAB

Poudariti moramo, da so bili v raziskavo vključeni predvsem vzorci z nizko nasičenostjo, torej neizrazite, nevtralne barve oziroma različni sivinski odtenki. Pri vzorcih z nekoliko višjo nasičenostjo so barvne razlike, nastale kot posledica različne razdalje meritev, praviloma zelo nizke (manj kot tri enote ΔE_{ab}^* , za vzorce, ki imajo kromo, C_{ab}^* , višjo od 20 enot), vendar je bilo v raziskavi takih vzorcev premalo, da bi lahko podali splošne ugotovitve.

4 Sklepi

Spektrometrija omogoča objektivno določanje barv v okolju in je uporabna zlasti za analizo zelo oddaljenih objektov. Ker je v meritvah zajet le majhen izsek površine objekta, ima pomembno vlogo pri analizi rezultatov mesto zajema podatkov, kar je pomembno zlasti pri nehomogenih površinah. Pri tem ima lahko velik vpliv tudi struktura površine. Poleg tega je treba upoštevati dejavnike v okolju, ki vplivajo na določanje barve, predvsem svetlobne oziroma vremenske razmere. V naši raziskavi se je kot pomemben dejavnik izkazala razdalja opazovanja. Zaradi navedenih omejitev spektrometrija ni absolutno najboljša metoda za določanje barve objektov v okolici, s povečanjem števila meritev v različnih razmerah in sistematično analizo rezultatov pa lahko dosežemo zanesljivejše in uporabnejše rezultate. Na podlagi rezultatov raziskave lahko povzamemo, da v urbanem okolju mesta Ljubljane prevladujejo nevtralne barve različnih stopenj svetlosti.

Zahvala

Raziskava je bila opravljena v okviru ciljnega raziskovalnega projekta M2-0104, ki sta ga podprla Ministrstvo za obrambo in Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

5 Literatura

1. STAREŠINIČ, M., SIMONČIČ, B., BRAČKO, S. Using a digital camera to identify colors in urban environments. *J. Imaging Sci. Technol.*, 2011, vol. 55, (6), p. 060201/1–060201/4.
2. FRIŠKOVEC, M., GABRIJELČIČ, H., SIMONČIČ, B. Design and evaluation of a camouflage pattern for the Slovenian urban environment. *J. Imaging Sci. Technol.*, 2010, vol. 54, Mar./Apr., (2), p. 020507/1–020507/11.
3. CUTHILL, I. C., STEVENS, M., SHEPPARD, J., MADDOCKS, J. T., PÁRRAGA, C. A. J., TROSCIANKO, T. S. Disruptive coloration and background pattern matching. *Nature* (London), 2005, vol. 434, p. 72–74.
4. *Munsell Color System*, dostopno na spletni strani <http://munsell.com/> [citirano 15. 2. 2012].
5. *NCS Color System*, dostopno na spletni strani <http://www.ncscolour.com> [citirano 15. 2. 2012].
6. *RAL Design System*, online <<https://www.ral-farben.de/ral-farben.html?&L=1>> [citirano 15. 2. 2012].
7. THORNBUSH, M. J. Grayscale calibration of outdoor photographic surveys of historical stone walls in Oxford, England. *Color Research and Application*, 2008, vol. 33, p. 61–67.
8. CANISIUS, F. in CHENA, J. M. Retrieving forest background reflectance in a boreal region from Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) data. *Remote Sensing of Environment*, 2007, vol. 107, Issues 1-2, 15 March, p. 312–321.
9. MARITORENAA, S., HEMBISE, O., D'ANDONB, F., MANGINB, A., SIEGELA, D. A. Merged satellite ocean color data products using a bio-optical model: Characteristics, benefits and issues. *Remote Sensing of Environment*, 2010, vol. 114, Issue 8, 16 August, p. 1791–1804.
10. SMITH, P. L. in HUBER, M. C. E. *Spectroradiometry for Solar Physics in Space*, on-line, dostopno na svetovnem spletu: <http://www.cfa.harvard.edu/uvcs/biblio/MO3DBF033E0B547EE.pdf> [citirano 5. 1. 2012].
11. LAGOUARDEA, J. P., HÉNONB, A., KURZA, B., MOREAUA, P., IRVINEA, M., VOOGTC, J., MESTAYERB, P. Modelling daytime thermal infrared directional anisotropy over Toulouse city centre. *Remote Sensing of Environment*, 2010, vol. 114, Issue 1, 15 January, p. 87–105.
12. WUELLER, D. In situ measured spectral radiation of natural objects. V *Seventeenth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering Systems, Technologies, and Applications*, Albuquerque, New Mexico, November 2009, Volume 17, p. 159–163.
13. GOLOB, V. in GOLOB, D. Teorija barvne metrike. V *Interdisciplinarnost barve, 1. del*. Uredili S. Jeler in M. Kumar. Maribor : Društvo koloristov Slovenije, 2001, str. 199–230.