BIBLID 0350–1426 (2001) 30:2 p. 75–77 UDK 697.93

„ELEKTRONSKI nos" za utvrđivanje osetnog kvaliteta vazduha u kancelarijama

Dr Frank Šrajber (Schreiber) i prof. dr Klaus Ficner (Fitzner), Hermann-Rietschel--Institut, Technische Universitat, Berlin

Osetni kvalitet vazduha[1)] u prostoriji danas se određuje anketiranjem posebno tretiranih osoba i izražava se decipolima ili nekim drugim jedinicama [1]. Ovaj metod je vremenski prilično zametan, skup i zahteva trenirane osobe. U ovom radu prikazana su ispitivanja osetnog kvaliteta vazduha u raznim prostorijama jedne poslovne zgrade sa različitim kvalitetom vazduha i to pomoću dva elektronska nosa, a i putem anketiranja treniranih osoba. Na osnovu obavljenih merenja da se zaključiti da je primena elektronskog nosa moguća.

Ključne reči: *elektronski nos; miris; poslovna zgrada; osetni kvalitet vazduha*

Osnove

Čovek sa normalnim čulom mirisa u stanju je da razaznaje oko 10 000 različitih mirisa. Trenutno ne postoji nikakav uređaj koji bi direktno merio osetni kvalitet vazduha, tj. onaj kvalitet vazduha koji se može registrovati čovekovim čulom mirisa.

Organ čula mirisa kod ljudi registruje ukupnost nekog mirisa. Elektronskim nosom pokušava se da se simulira ova funkcija. Kopirajući prirodu, razvijena je kopija senzora i kompjuterske tehnike. Ćelije u sluzokoži čovečjeg nosa, osetljive na mirise, predstavljene su brojnim hemijskim senzorima. Umesto ljudskog mozga, uvedena je veštačka inteligencija koja je programirana kao nervni mrežni sklop.

Elektronski nos registruje ukupnost nekog mirisa. Različiti senzori daju različite signale. Ti signali se sklapaju prema jednom karakterističnom modelu. U Herman-Ričeovom institutu postoje dva elektronska nosa. Jedan od njih, MOSES II, modularnog je tipa sa jednim ulaznim modulom, jednim modulom sa oscilujućim kvarcom i jednim metal-oksidnim modulom i sa osam senzora [2]. Drugi elektronski nos, nazvan KAMINA, koristi 38 metal-oksidnih senzora [3]. Razlika u tipovima senzora ova dva elektronska nosa leži u načinu njihovog konstruisanja.

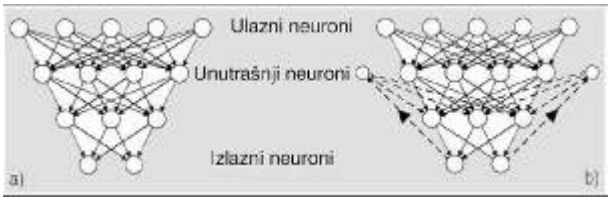
Metal-oksidni modul MOSES-a II snabdeven je sa osam različitih senzora od kalajnog oksida. Materijal senzora je SnO_2. Debljina materijala iznosi između 100 i 500 μm. Za podešavanje osetljivosti i selektivnosti pojedinih senzora, ne koriste se čisti metalni oksidi kao senzitivni elementi, već razni katalizatorski materijali (platina, paladijum). Inače, na osetljivost senzora u pogonu utiču i različite temperature.

Mikrosistem modula KAMINA sastoji se od jednog polja od 38 višeslojnih elemenata, koji su naneseni na jednu 100 mm^2 veliku oksidiranu silicijumsku podlogu. SnO_2 i $W0_3$ su korišćeni kao metalni oksidi, a SiO_2 kao membranski materijal. Zahvaljujući različitim, nehomogenim slojevima SiO_2 od nekoliko nanometara i/ili nehomogenom zagrevanju, senzorski elementi, u početku uniformni, dobijaju različite selektivnosti.

Nervni mrežni sklop

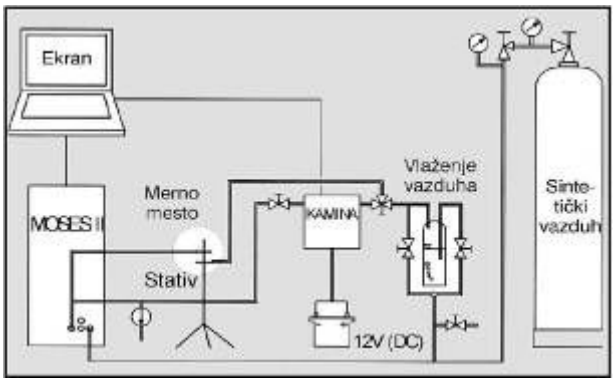
Ljudski centralni nervni sistem sastoji se od približno 10^{12} neurona i zahvaljujući tome raspolaže veoma velikom kompleksnošću. Cilj veštačkih konstrukcija je da se delimično simulira funkcija biološkog nervnog informacionog procesa. Biološki nervni mrežni sklop sastoji se iz mreže među sobom povezanih nervnih ćelija. Veštački nervni mrežni sklop simulira analognu organizaciju u odgovarajućem kompjuterskom programu.

Struktura nervnog mrežnog sklopa povezana je unapred ili unazad (slika 1), pri čemu se informacije mogu vraća



Slika 1. Shema nervnog mrežnog sklopa; a) mreža povezana unapred ı b) mreža povezana unazad

[1)] *Pod osetnim kvalitetom vazduha u ovom članku podrazumeva se onaj kvalitet vazduha koji se može nosom osetiti.*



Slika 2. Shema eksperimentalne aparature za elektronske nosove

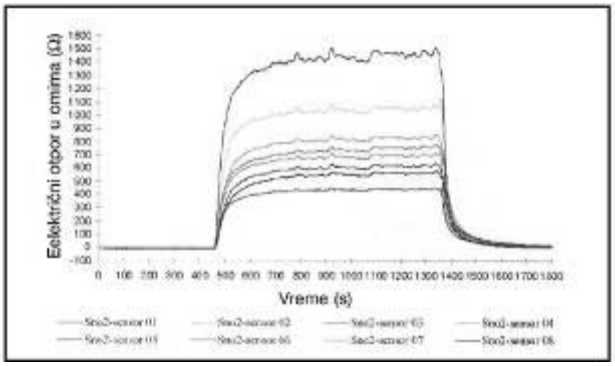
ti prema početku. U ovom radu biće primenjen unazad povezan mrežni sklop.

Nervni mrežni sklopovi se mogu podesiti treningom (tj. uzastopnim uhodavanjem) na svoje trenutne zahteve (zadatke). Definisani ulazni i izlazni podaci predaju se mrežnom sklopu. Registrovani parametri na senzorima kao i procene tima treniranih ispitivača daju se u decipolima, kako bi se i utvrđeni osetni kvalitet vazduha mogao izraziti u istim jedinicama [4], prema Fangeru [1].

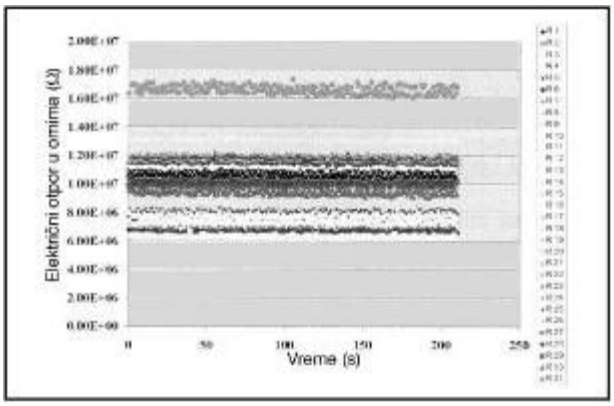
Zbog uticaja relativne vlažnosti vazduha na senzore elektronskog nosa [5], podaci o temperaturi i relativnoj vlažnosti registruju se i priključuju podacima koje je dobio ispitivački tim.

Izvođenje ispitivanja

Izvršena su ispitivanja kvaliteta unutrašnjeg vazduha elektronskim nosovima u 47 kancelarija, u poslovnoj zgradi „Telefunken" Tehničkog univerziteta u Berlinu [6]. Uzimani su podaci elektronskih nosova uporedo sa podacima ispitnog tima od 10 treniranih osoba. Članovi tima su trenirani shodno postupku koji je opisan u literaturi [7]. Temperature i relativne vlažnosti vazduha bile su u dijapazonu od 20 do 26°C, odnosno 30 i 55%. Eksperimentalna aparatura za elektronske nosove prikazana je šematski na slici 2. Vazduh za elektronske nosove uziman je kroz teflonsko crevo na visini od 1,6 m od poda, što je uporedivo sa nekom osobom koja stoji. Elektronski nosovi su direktno povezani sa personalnim računarom. Senzori su preko dva odvojena kanala naizmenično izloženi struji referentnog (sintetički vazduh) i ispitivanog gasa (vazduh ispitivane prostorije). Referentni vazduh za elektronski nos KAMINA dodatno se vlaži desti-



Slika 3. Tok merenja MOSES II metaloksidnim senzorima u prostoriji TEL1303



Slika 4. Tok merenja KAMINA metaloksidnim senzorima u prostoriji TEL 1303

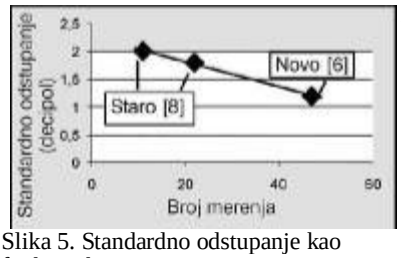
lisanom vodom, pre nego što dospe do senzora. Izlaganje senzora sintetičkom vazduhu pre merenja sobnog vazduha, neophodno je da bi se postigli startni uslovi pri ponovljenim merenjima, a i da bi se senzori pre svakog merenja očistili. Merenja sa oba elektronska nosa obavljana su u svakoj sobi istovremeno (slike 3 i 4).

Slika 3 prikazuje dijagram izmerenih vrednosti senzorima MOSES-a II jednom probom kroz ceo mereni period. Izmerene vrednosti podležu korekturi na nultu tačku. Za dobijanje upotrebljivih vrednosti, izvršeno je približavanje maksimalnih i minimalnih veličina izmerenih na senzorima. Za utvrđivanje rezultata ispitivanja putem KAMINA-e korišćene su srednje vrednosti pojedinih senzora izvedene iz poslednjih 200 sekundi pojedinačnih merenja, kada se izmerene brojke ustale.

Rezultati

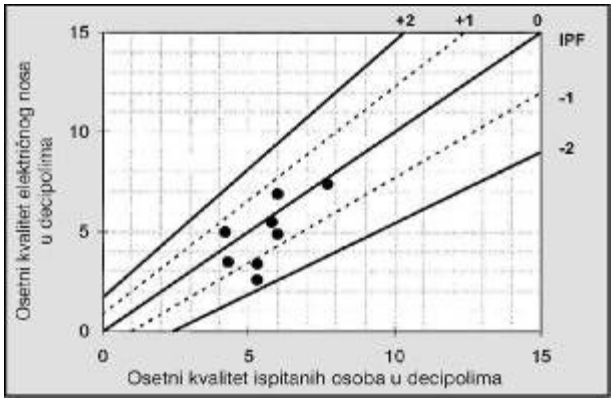
U literaturi [8] se pretpostavlja da će rezultati ispitivanja putem MOSES II biti utoliko tačniji ukoliko je obavljeno više treninga nervnog mrežnog sklopa. Da bi se ova pretpostavka proverila, izvršena su ispitivanja u 47 kancelarija u poslovnoj zgradi „Telefunken" Tehničkog univerziteta u Berlinu. Rezultati su interpretirani kao funkcija broja proba (prostorija) za trening nervnog mrežnog sklopa i upoređeni sa rezultatima ranijih ispitivanja [8]. Slika 5 pokazuje zavisnost tačnosti od broja podataka za mrežni sklop ranijih merenja [8] i merenja u zgradi ,,Telefunkena" [6]. Odstupanja se, prema očekivanju, smanjuju porastom broja merenja.

Može se zaključiti da jedan prošireni trening u kombinaciji sa referentnim podacima vodi do tačnijih rezultata. U cilju testiranja obavljeno je novo ispitivanje elektronskim nosovima i ekipom treniranih osoba u osam dodatno izabranih kancelarija u zgradi „Telefunkena". Odstupanja između vrednosti dobijenih elektronskim nosovima MOSES II i KAMINA i onih od ekipe treniranih osoba, iskazana u apsolutnim vrednostima u decipoli-ma, prikazana su na slikama 6 i 7.

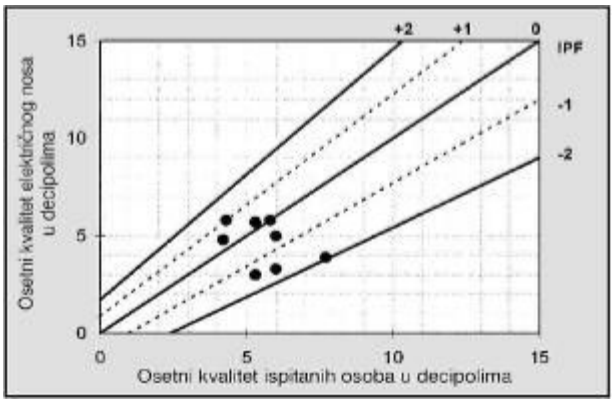


Slika 5. Standardno odstupanje kao funkcija broja merenja za trening

Ocena osetnog kvalitetavazduha dobijena putem elektronskog nosa može se treti-



Slika 6. Upoređenje ocena MOSES-a II i ispitnih osoba



Slika 7. Upoređenje ocena KAMINA-e i ispitnih osoba

rati kao ocena nekog člana tima treniranih ispitivača. Uvođenjem individualnog faktora učinka (individual performance factor - IPF), postiže se prelaz sa ocenjene na dopuštenu grešku u rezultatu, kako je definisano u [7]. Da bi se vrednost dobijena elektronskim nosom mogla tretirati kao ocena člana ispitnog tima, dozvoljeno je da se samo jednavrednost može naći izvan granicaod IPF = +2 i IPF = -2 (slike 6 i 7); dalje, prihvata se da samo jedna od četiri vrednosti može ležati između tačkaste linije i granica IPF = +2, odnosno IPF = -2, dok ostatak mora da leži između IPF = +1 i IPF = -1. Kao što se na slici 6 vidi, elektronski nos MOSES II ispunjava ove kriterijume, pa se može tretirati kao član ispitnog tima. I elektronski nos KAMINA ispunjava navedene kriterijume (slika 7). Međutim, tačnost u izvršenim ispitivanjima nije tako dobra kao kod MOSES-a II.

Zaključak

Sprovedeno ispitivanje predstavlja korak u razvijanju mernog uređaja kojim se može ispitati osetni kvalitet sobnog vazduha. Mora se međutim naglasiti da su podaci dobijeni elektronskim nosom valjani samo za datu eksperimentalnu aparaturu. U sadašnjem trenutku nije mogućno dobijene rezultate prenositi na neke druge ispitne konfiguracije. Da bi se došlo do jednoznačnog mernog uređaja za osetni kvalitet vazduha, neophodno je stvoriti banku podataka sa brojnim merenjima u različitim zgradama za trening nervnog mrežnog sklopa, kako bi se komponente hemijskog sastava vazduha mogle razlikovati.

U ispitivanoj zgradi, za određeni ispitni program, mogućno je elektronski nos sa nervnim mrežnim sklopom zameniti osobama - ispitivačima. Ljudsko čulo mirisa može se, zahvaljujući svojim sposobnostima da prima paralelne subjektivne signale, simulirati elektronskim nosom samo parcijalno. Potrebno je rešiti još čitav niz problema, kao što je obrada olfaktornih signala, detekcija mirisa sa vrlo niskim pragom osetljivosti putem hemijskih senzora, sabiranje različitih mirisa i poboljšanje veštačke inteligencije - da bi se ljudski nos u zajednici sa mozgom, mogao u potpunosti zameniti.

Literatura

[1] **Fanger, P. O.:** *Hidden olfs in sick buildings,* ASHRAE journal, Nov., 1988, S. 4CM3.

[2] ***: *MOSESII Gebrauchsanleitung,* Lennartz Electronic GmbH: Tubingen, 1998.

[3] ***: *KAMINA Gebrauchsanleitung,* Karlsruher Forschungszentrum, 1999.

[4] **Posselt, J., F. Schreiber, K. Fitzner:** *Bewertung der empfundenen Luftqualitat von Azeton mit einer elektronischen Nase,* HLH, 7, 1999, S. 60.

[5] **Schreiber, F:** *Untersuchung des Feuchteverhaltens der chemischen Sensoren der elektronischen Nasen MOSES II und KAMINA,* Hermann-Rietschel-lnstitut, Technische Universitat Berlin, unveroffentlicht, 1999.

[6] **Neun, W.:** *Elektronische Nase: Experimentelle Untersuchung der empfundenen Luftqualitat mit den elektronischen Nasen MOSES II und KAMINA in Buroraumen,* Diplomarbeit, Hermann-Rietschel-lnsti-tut, Technische Universitat Berlin, 2000.

[7] **Bluvssen, R M. et al.:** *Final Research Manual of European Audit Project to Optimize IndoorAir Qulity and Energy Consumption in Office Buildings,* Technical Universitv of Denmark and TNO-Building and Construction Research, Niederlande, 1993.

[8] **Schreiber, F. W., K. Fitzner:** *Electronic Nose: Investigation of the Perceived Air Quality in Indoor Environments,* Indoor Air '99, Edinburgh, Vol. 2, 8-13. 08. 1999, pp. 624-629.

Preveo Aleksandar Stefanović, dipl. inž.

Dr Frank Schreiber, dipl. inž., i prof. dr Klaus Fitzner, dipl. inž.

ELECTRONIC NOSES FOR THE ASSESSMENT OF THE PERCEIVED AIR QUALITY IN OFFICE ROOMS

Summary

The perceived air quality (PAQ) in indoor environments is presentlv assessed with trained judges in the unit decipol or other units [1]. This method is rather time-consuming, expensive and always requires trained judges.

In the presented work various rooms with different odor qualities are investigated in an office building with two electronic noses as well as the human nose.

Forthe used experimental setup in the investigated building it can be used.