

***airEsan*: ozono mailak auresateko sistema informatikoa**

Elena Agirre Basurko

elena.agirre@ehu.es
Matematika Aplikatua Saila
Euskal Herriko Unibertsitatea /
Industria Ingeniaritza Teknikoko Unibertsitate-Eskola
Etxetxua plaza, 3
48012, Bilbao

Albaro Anta Sanz

Analista programatzailea
Vitoria-Gasteiz

Luis Javier R. Barrón

Elikagaien Teknologia Saila
Euskal Herriko Unibertsitatea /
Farmazia Fakultatea
Unibertsitateko Ibilbidea, 7
01006, Vitoria-Gasteiz

Laburpena: Artikulu honetan, *airEsan* izeneko sistema informatikoa aurkeztu nahi dugu. *airEsan* sistemaren bidez eguneko ozono maila maximoak auresaten dira Euskal Autonomia Erkidegoko (EAEko) Aire Kalitate Sareko zenbait neurtokitan. *airEsanek* ozono-indizearen eboluzioa eta giza osasunaren babeserako ozono-atalaseen gainditzeak ere aztertzen ditu. Gaur egun, sistema informatiko hau Eusko Jaurlaritzako Ingurugiro Sailak baizik ez du erabiltzen.

Abstract: This article presents the computer system *airEsan*. The system *airEsan* forecasts ozone maximum daily levels at several stations of the Air Quality Network of the Basque Country. *airEsan* is also capable of evaluating the ozone-index evolution and the exceedances of the ozone-thresholds for the protection of human health. Currently, this computer system is exclusively in use within the Environmental Department of the Basque Government.

1. SARRERA

Ozonoak atmosferan duen kokapenaren arabera, estratosferako ozonoa eta troposferako ozonoa bereiz daitezke. Estratosferako ozonoa atmosferako 20-60 km bitartean dago, eta eguzki-izpien erradiazioetatik babesten gaitu. Troposferako ozonoa aldiz, atmosferako 0-20 km bitartean dago, eta kalteak sor ditzake gizakiongan (arnasketa arazoak sortaraziz edo areagotuz) eta ingurugiroan [1]. Artikulu honetan, laburtzeko, aire-kutsatzaile den ozonoa aipatzen denean, troposferako ozonoari buruz ari garela esan beharra dago. Gaur egun kutsatzaile kezagarrienetako bat da ozonoa [2, 3].

Ozonoa ez da zuzenean atmosferara isurtzen den kutsatzailea; nitrogeno oxidoek eta konposatu organikoek eguzki-erradiaziopean erreakzionatzean sortzen da ozonoa.

Ozonoak eragin ditzakeen kalteen larritasuna kontuan hartuz, ozono mailak neurtzeko eta kontrolatzeko araudiak ezarri dira herrialdeetan azken urteetan [4]. Horrela, aire-kutsatzaileen mailak aztertuz, euren eboluzioaren jarraipena eginez eta haien kontrolatzeko neurri egokiak hartuz, aire-kalitatea zaintzea eta aire-kutsadura egoera arriskutsuak ekidin daitezke. Gainera, gizakien, landareen zein eraikuntzen babeserako aire-kutsatzaileen atalaseak finkatzen dira araudi hauetan. Azken zuzentarauan [5] ozono mailak kontrolatzeko 1 taulako giza osasunaren babeserako ozono-atalaseak jaso dira:

1 taula. Giza osasunaren babeserako ozono-atalaseak (Europako Batasuna, 2008/50/CE)

Babesak	Balioa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Denbora-tartea
Biztanleei erne egon daitezela adierazteko	240	1 h batez beste
Biztanleei egoeraren berri emateko	180	1 h batez beste

Orduko batez besteko ozono-kontzentrazioak $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ak gainditzen dituenean biztanleria jakitun jartzeko atalasea gainditu dela esaten da eta hiru ordu jarraian ozono-kontzentrazioak $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ baino handiagoak direnean alerta atalasea gainditu dela onartzen da.

Artikulu honetan, EAEko Aire Kalitate Sareko zenbait neurtokitan eguneko ozono maila maximoak egun bat lehenago auresango dituen *airEsan* sistema informatikoa [6] aurkeztuko da, giza osasuna babesteko ozono-atalaseen gainditzeak egun bat lehenago ezagutzea izango delarik *airEsanen* helburu nagusia. *airEsan* sistema euskaraz, gaztelaniaz eta ingelesez garatu da. Aurreanak lortzeko erabili den eredu matematikoa neurona-sare artifizialen aplikazioan du oinarri. *airEsan* sistemaren funtzionalitateak azaldu aurretik, hurrengo atalean eredu matematikoa zehazteko metodologia laburtuko da.

2. EREDU MATEMATIKOA

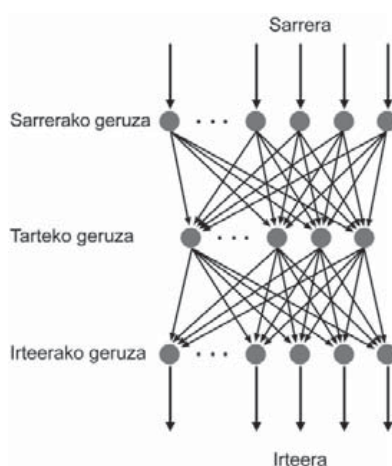
2.1. Eredu matematikoaren eraiketa

airEsan sistema informatikoaren irteerak diren eguneko ozono maila maximoen aurreanak, aplikazio informatikoan txertatutako eredu matematikoaren bidez lortzen dira. Eguneko ozono maila maximoak aurrerako erabili den eredu matematikoa finkatzeko aukeratutako metodologia neurona-sare artifizialen erabileran oinarritzen da. Aire-kalitatearen alorrean emaitza egokiak lortu dira neurona-sare artifizialen bidez [7, 8], eta teknika linealen bidez lortutako irteerak baino hobetoak ere [9, 10].

Neurona-sare artifizialak sartzen zaizkion patroietatik eta patroiak identifikatzeko egiten dituen erroreetatik ikasten du, azkenean inoiz ikusi gabeko patroiak identifikatzeko gaitasuna izan behar duelarik. Neurona-sare artifizialak sarrera-aldagai batzuk jasoko ditu eta sarrerako informazio hori prozesatu egingo du, irteera zehatz bat lortzeko asmoz. Neurona-sare artifizialen ezauzgarrien arabera, hainbat neurona-sare artifizial mota daude [11], pertzeptroi geruzanitzak delarik neurona-sare artifizialekoen artean ezagunena [12].

Pertzeptroi geruzanitzak neuronez osatutako hiru geruzak ditu gutxienez: sarrerako geruzak, tarteko geruzak edo geruzak ezkutua(k) eta irteerako geruzak. Sarrerako geruzan kanpoko informazioa sartzen zaio neurona-sareari. Informazio hau aurrerantz hedatzen da, sarrera-aldagaiak pisuez biderkatuz eta hauen guztien baturari transferentzia-funtzioa ezarritako tarteko geruzako neuronetara iritsiko delarik. Tarteko geruzako neurona bakoitzera iritsi den informazio hori hurrengo geruzako sarrera izango da. Prozedura hau, zenbait aldiz errepika daiteke geruzaz geruzak, irteerako geruzara iritsi arte. Azken urratsean pertzeptroi geruzanitzaren irteera lortuko da.

1 irudian hiru geruzaz osaturiko pertzeptroi geruzanitzak adierazi da.



1. irudia. Hiru geruzaz osaturiko pertzeptroi geruzanitzak

Pertzeptroi geruzanitzak aurkezten zaizkion patroietatik ikasten du. Ikasketa prozesuan pertzeptroi geruzanitzaren bidez lortutako irteeraren eta helburu den aldagaiaren arteko errorea kalkulatu eta sarean atzera joko da. Pertzeptroi geruzanitzeko pisuak doitu egingo dira, lortuko den irteera berriaren eta helburuaren arteko errorea txikiagoa izan dadin. Honela, zenbait iterazioen ondoren irteeraren eta helburuaren arteko errorearen minimoa lortuko denean, amaiera emango zaio ikasketa prozesuari. Neurona-sarearen ikasketa metodo honi *atzerako hedapena* deritzo (*backpropagation*).

1 ekuazioak hiru geruzaz osaturiko pertzeptroi geruzanitzaren irteera adierazten du era laburtuan:

$$y = f^2(w^2(f^1(w^1x + b^1)) + b^2), \quad (1)$$

x bektorea sarrera-bektorea, y gaia irteera-bektorea, f^1 eta f^2 transferentzia funtzioak, w^1 eta w^2 pisu sinaptikoak eta b^1 eta b^2 alborapen-bektoreak diralarik.

Pertzeptroi geruzanitzak erlazio ezlinealak adierazteko egokiak dira, egokitasun hori ozono mailak auresateko zenbait lanetan egiaztatuta dagoelarik [13, 14, 15]. Horregatik, *airEsan* sistemaren sorreran txertatu zen eredu matematikoak hiru geruzako pertzeptroi geruzanitzean zuen oinarria [16]. Alde batetik, erabili ziren sarrera-aldagaiak Eusko Jaurlaritzako Ingurugiro Sailak kudeatzen duen Aire Kalitate Sareko meteorologia-parametroen eta aire-kutsatzaileen iraganeko orduroko balioak ziren. Ozonoaren formazio prozesuan garrantzizkoak diren tenperatura, hezetasun erlatiboa, presioa, eguzki-erradiazioa, haizearen abiadura eta haizearen norabidearen iraganeko balioak [17] ozono eta nitrogeno dioxidoaren iraganeko balioekin batera iragarpen-eredu matematikoa eraikitzeke erabili ziren. Bestalde, irteerako geruzak neurona bakarra zuen: eguneko ozono maila maximoaren auresana. Ikasketa prozesua atzerako hedapeneko algoritmoan oinarriturik garatu zen. Algoritmo honek transferentzia-funtzio deribagarriak behar ditu, eta zenbait lanetan jaso den moduan [18, 19], helburua auresatea denean funtzio sigmoidalak (tangente hiperbolikoa eta logaritmiko sigmoidala) erabiltzen dira sarrerako geruza eta geruza ezkutua elkarrekin konektatzeko; geruza ezkutua irteerako geruzarekin konektatzeko funtzio lineala hartzen da. Horregatik, hainbat transferentzia-funtzioz proba egin ondoren, tangente hiperbolikoa eta lineala direlako transferentzia-funtzioak aukeratu ziren; lehenengo funtzioaren bidez sarrerako geruza eta geruza ezkutua konektatu ziren eta funtzio linealaren bidez geruza ezkutua irteerako geruzarekin konektatu zen. Eredua eraikitzeke hiru urteko datu-basea erabili zen eta ereduaren baliotasuna egiaztatzeke urte oso bateko datuak hartu ziren.

2.2. Eredu matematikoaren doikuntza

Ereduaren baliotasuna neurtzeko bost estatistikoren balioak kalkulatu ziren [20], haien artean C_p gaiak balio auresanak eta C_o delakoak behatutako balioak, \bar{C}_p eta \bar{C}_o balioek aurrekoen batez bestekoak eta S desbideratze estandarra izango diren. Aipatutako bost estatistikoak ondokoak

dira: (i) *korrelazio-koefizientea*, $R = \frac{(\overline{C_o - C_p}) \cdot (\overline{C_p - C_p})}{SC_p \cdot SC_o}$, (ii) *batez besteko errore koadratiko normalizatua (NMSE, normalized mean square error)*, $NMSE = \frac{(\overline{C_o - C_p}) \cdot (\overline{C_o - C_p})}{\bar{C}_p \cdot \bar{C}_o}$, (iii) *biko faktorea (FA2)*, auresanen eta behatutako balioen arteko proportzioa da, $0,5 < C_p/C_o < 2$ beteko duena, (iv) *alborapen frakzionala (FB, fractional bias)*, $FB = \frac{\overline{C_o - C_p}}{0,5(\bar{C}_o + \bar{C}_p)}$ eta (v) *bariantza frakzionala (FV, fractional variance)* $FV = \frac{SC_o - SC_p}{0,5(SC_o - SC_p)}$. Balio idealak $R = FA2 = 1$ eta $NMSE = FB = FV = 0$ dira.

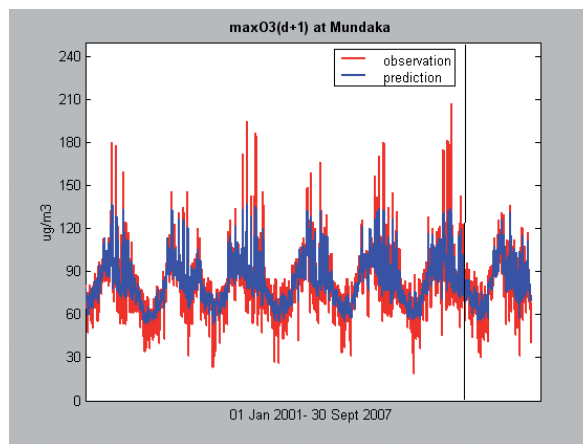
Artikulu honen egileen zenbait lanetan frogatuta geratu da era honetan eraikitako ereduaren ozono maila auresateko egokitasuna. Adibidez, 2008 urtean garatu zen *Determinación matricial del modelo de predicción de los niveles máximos de ozono diarios en Mundaka y Pagoeta construido sobre el periodo 2004-2007* izeneko ikerkuntza-lanean [21], eguneko ozono maila maximoak egun bat lehenago auresateko neurona-sare artifizialetan oinarritutako iragarpen-eredua gauzatu zen. Eredua eraikitzeko eta balioztatzeko une hartarako jasota zeuden 2001-2007 tarteko EAEko Aire Kalitate Sareko datuak erabili ziren. Ereduaren egokitasuna era kuantitatiboan neurtzeko, 2. taulan adierazten diren estatistikoen balioak lortu ziren test multzoan:

2. taula. Estatistikoak Mundaka eta Pagoetan test multzoan (2006/10/01– 2007/09/30)

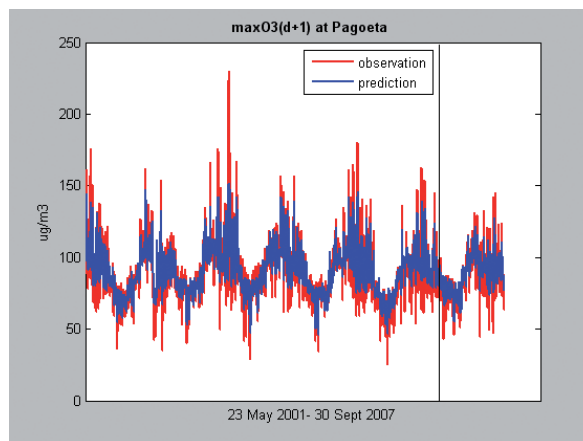
	R	NMSE	FA2	FB	FV
Mundaka	0,7150	0,0265	0,9973	-0,0116	0,2334
Pagoeta	0,7213	0,0219	0,9972	-0,0172	0,1341

Ezaugarri eta kokapen ezberdinetako estazioak izan arren, ez dago alde adierazgarrikerik ereduaren egokitasunean. Halaber, egokitasun hau grafikoki azal daiteke ereduaren eraiki eta balioztatzearen denboraldi osoan. Horrela, ba-

tera azter daitezke 2. irudian eta 3. irudian ereduaren bidez lortutako auresana (urdinez) eta behaketa (gorriz) 2001/01/01–2007/09/30 denboraldi osoan. Irudi horietan ozono maila maximoen izaera ziklikoa azpimarra daiteke, ozono maila maximo garaienak udan neurtzen direlarik. Orokorrean, azpiestimazio fenomeno nabari daiteke ozono-kontzentrazioak handiak direnean eta gainestimazioa ozono mailak txikiak direnean. Aztergai den kasuan fenomeno hauek leunagoak dira test multzoa den azken zikloan (irudietan zuzen bertikalaren eskuinean), 2007 urteko ozono-kontzentrazio maximoak aurreko urteetakoak baino txikiagoak izan baitziren. Ozonoa sortzeko prozesuko aldatetarik matematikoki azaltzeko hain konplexuak izanik, fenomeno hauek ohikoak izaten dira.



2. irudia. Ozono maila maximoen auresana (prediction) vs. Mundakako behaketa (observation)



3. irudia. Ozono maila maximoen auresana (prediction) vs. Pagoetako behaketa (observation)

Beste ikerkuntza lan batzuetan EAEko kostaldeko estazioez gain Arabako estazioak ere hartu ziren [22], eta metodologia orokor hau ezarriz diseinaturiko ereduak ozono mailak epe motzera auresateko ez zuten adierazi kokapen geografikoarekiko doikuntzan alde adierazgarririk.

airEsan sistema informatikoaren sorreran txertatu zen eredu matematikoa doitu eta gaurkotu dugu, uneoro ahalik eta auresan egokienak lortzeko.

3. AIRESAN SISTEMA INFORMATIKOAREN FUNTZIONALITATEAK

Atal honetan *airEsan* sistemaren funtzionalitate garrantzitsuenak aurkeztuko dira. Ozono maila maximoen balioak egun bat lehenago auresatea da sistema honen helburu nagusia. Hala ere, *airEsanek* baditu beste gaitasun batzuk ere. 4. irudian *airEsan* sistemaren bidez egin daitezkeen kontsultak azaltzen dira.

airEsan
OZONO MAILAK
AURESATEKO SISTEMA

Menu nagusia
Datuak kargatzea
Kontsultak
Hurrengo egunerako O3 maximoaren auresana
Aureko auresanak
Eguneko O3 maila maximoak
Giza osasuna babesteko ozono atalaseen gaitasuna
Eguneko O3 maximoaren behaketa vs auresana
Irten

Adari eguneraketa
14/06/2009 11:37:41
Kalkulatu den datua
07/06/2009

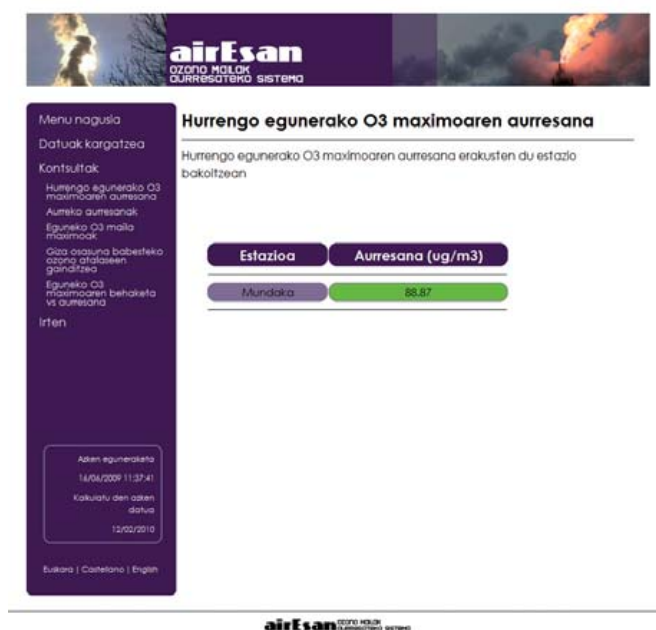
Euskara | Castellano | English

airEsan
OZONO MAILAK
AURESATEKO SISTEMA

4. irudia. *airEsan* sistema informatikoaren funtzionalitate nagusiak

Horrela, eguneko ozono maila maximoa lortzeaz gain, ozono maila maximoen aurreko auresanak kontsultatu, eguneko ozono maila maximoak leku ezberdinetan behatu, giza osasuna babesteko ozono-atalaseen gaitasunak aztertu eta lortutako auresanak ozono maila maximoen behaketekin konpara daitezke EAEko Aire Kalitateko zenbait estazioetan.

Erabiltzaileak *Hurrengo egunerako O₃ maximoaren auresana* aukeratzaren badu, 5 irudian erakusten den moduan, aukeratutako estazioetan eskatutako auresanaren balioa adieraziko da.



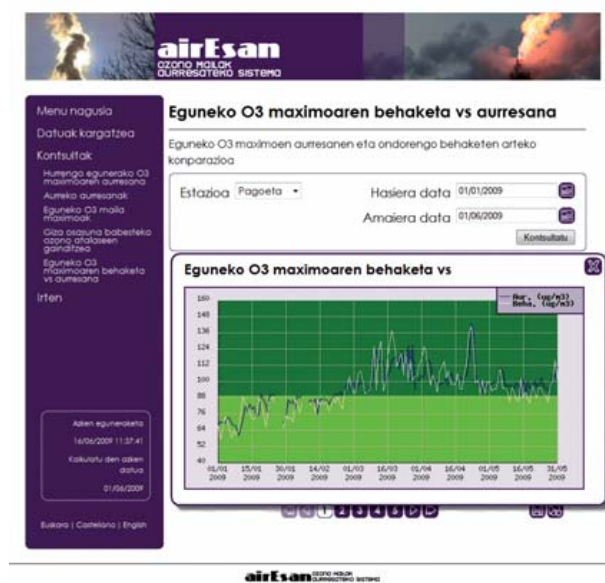
5. irudia. Hurrengo egunerako O₃ maximoaren auresanaren adibidea

airEsan sistemaren bidez ere hurrengo eguneko ozono maila maximoaren auresanaren balioaren arabera, ozono-indizea auresan daiteke. 3. taulan 2009 urteko ozono-indizeen balioak [22] adierazi dira:

3. taula. Ozono-indizeak Euskal Autonomia Erkidegoan

Kolorea	Indizea	Ozonoa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Ona	0-90
	Onargarria	90,1-160
	Ertaina	160,1-180
	Txarra	180,1-270
	Oso txarra	270,1-360
	Arriskutsua	>360

Horrela, 5 irudiko aurreanaren atzeko plano berde argiz izateak, hurrengo eguneko ozono maila maximoa ona izango dela adierazten du. Halaber, 2009 urteko lehenengo bost hilabeteetan Pagoeta estazioan ozonoarekiko aire-kalitate ona edo onargarria izan zela adierazten du 6 irudiak.



6. irudia. Eguneko O₃ maximoen auresana vs. behaketa (Pagoeta, urtarrila 2009-maiatza 2009)

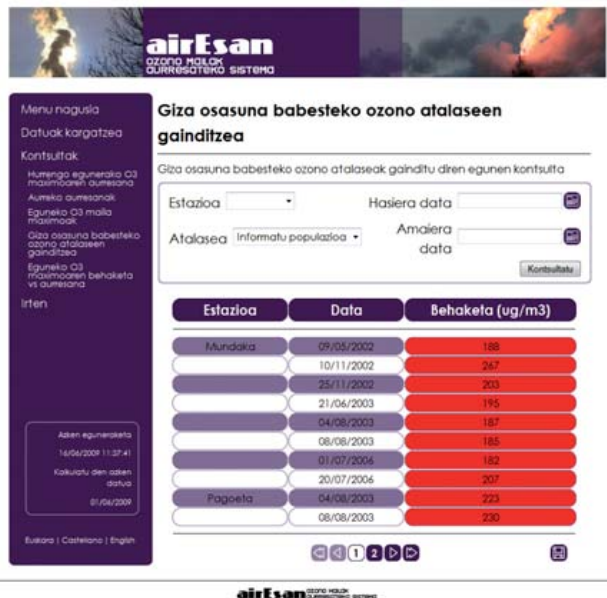
Aldi berean, 6. irudian grafikoki ikus daitezke ozono maila maximoen auresanak (urdinez) eta ozono kontzentrazio maximoen behaketak (zuriz) adierazitako estazioan 2009 urteko urtarrila eta maiatza bitartean.

Aurreko egunetako ozono maila maximoen bilakaera aztertu nahi izanez gero, *Aurreko auresanak* aukeran klikatu behar da. Horrela, 7. irudian adibidez Pagoeta estazioan 2009 urteko maiatzean egun bakoitzerako egindako auresanak adierazten dira, atzeko planoen kolore berde ilunak ozonoaren aldetik aire-kalitatea onargarria izan zela adierazten duelarik.



7. irudia. Ozono maila maximoen aurreko aurreanank

Bestalde, *airEsan* sistemaren bidez giza osasunaren babeserako ozono-atalaseen gainditzeak ere azter daitezke. 8. irudian ikus daitekeenez, denboraldi jakin batean aukeratutako estazioetan ozono maila maximoek 180 ug/m³-ko muga noiz gainditu zuten jakin daiteke.



8. irudia. Giza-osasunaren babeserako ozono-atalaseen gainditzeak Mundakan eta Pagoetan

8. irudian nabari daitekeenez, oro har, udan gairitu ziren giza osasunaren babeserako atalaseak. Esan beharra dago Mundakako estazioan 2002 urteko azaroaren 10ean jasotako ozono maila maximoa $267 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -koa izan arren, ez zela gairitu giza osasunaren babeserako alerta-atalasea, $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -koak ez baitziren gairitu hiru ordu jarraian.

4. ONDORIOAK

Lan honetan aurkeztu den *airEsan* sistema informatikoa eguneko ozono maila maximoen aurrerak lor ditzake egun bat lehenago EAeko Aire Kalitate Sareko zenbait estaziotan. Halaber, ozono-indizeak aurrerak daitezke, ozono-indizeen egunez eguneko bilakaera aztertuz. Gainera, giza osasunaren babeserako ozono-atalaseen gairitzei buruzko abisua eman ditzake. Horregatik guztiatik, lan honen sinatzaileen ustez *airEsan* sistema tresna laguntzaile baliogarria izan daiteke, oro har, aire-kalitatea zaintzeko, kontrolatzeko eta biztanleei osasunerako arriskutsuak izan daitezkeen egoeren berri garaiz emateko.

Ozono-kontzentrazio maximoen aurrerak lortzeko diseinatu den eredu matematikoa neurona-sare artifizialen aplikazioan du oinarri eta EAeko Aire Kalitate Sarean neurtutako datuak erabiltzen ditu. Eredu matematikoa EAeko Aire Kalitate Sareko estazio guztietarako zehaztea eta bere egokitasuna eten gabe hobetzea da lan honetako egileen nahia, sistema informatikoaren baliagarritasuna iragarpen-ereduaren irteeren kalitatearekin guztiz lotuta baitago.

Bukatzeko, lan honen bidez Matematikak eta Informatikak, biek batera, Aire Kalitate alorrean egin dezaketen lana azpimarratu behar da.

ESKER ONEZ

Eskerrak eman nahi dizkiogu *Eusko Jaurlaritzako Ingurugiro Sailari*, Aire Kalitate Sareko datuak uzteagatik eta eskaintako finantziatioagatik.

BIBLIOGRAFIA

- [1] World Health Organization. 2000. *Guidelines for Air Quality*. World Health Organization, Geneva.
- [2] European Environment Agency. 2009. *Air pollution by ozone across Europe during summer 2008*. Technical report No 2 / 2009. European Environment Agency. Copenhagen.
- [3] Eusko Jaurlaritza. 2007. *Salud y medio ambiente en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Indicadores 2007*. Lurralde Antolamendu eta Ingurugiro Saila. Vitoria-Gasteiz.

- [4] European Environment Agency. 20010. <http://www.eea.europa.eu/maps/ozone/legislation/eu-legislation-and-directives>.
- [5] Comunidad Europea. 2008. *Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa*. Diario oficial de la Comunidad Europea. Copenague.
- [6] AGIRRE E., ANTA A., BARRON, L. J. R. 2008. *airEsan: ozono mailak aurre-sateko sistema*. Jabetza Intelektualaren Erregistro Nagusia, Bi-55-08 zenbakia.
- [7] BOZJAR, M., LESJAK, M., MLAKAR, P. 1993. «A neural network based method for short-term predictions of ambient SO₂ concentrations in highly polluted industrial areas of complex terrain». *Atmospheric Environment* 27B, 221-230.
- [8] GARDNER, M. W. eta DORLING, S. R. 1998. «Artificial neural networks (the multilayer perceptron) – a review of applications in the atmospheric sciences». *Atmospheric Environment* 32 (14/15), 2627-2636.
- [9] COMRIE, A.C. 1997. «Comparing neural networks and regression model for ozone forecasting». *Journal of the Air & Waste Management Association* 47, 653-663.
- [10] AGIRRE, E. 2003. *Bilbo hiriko O₃ eta NO₂-aren mailak denbora errealean epe laburrean aurre-sateko eredu estatistikoaren eraiketa*. Doktorego-tesia. UPV/EHU, Industria Ingeniaritza Teknikoko Unibertsitate-Eskola, Bilbao.
- [11] HAGAN, M. T., DEMUTH, H. B., BEALE, M. 1996. *Neural network design*. PWS Publishing Company, Boston.
- [12] RUMELHART, D. E., HINTON, G. E., WILLIAMS, R. J. 1986. «Learning representations by backpropagation errors». *Nature* 323, 533-536.
- [13] KOLEHMAINEN, M., MARTIKAINEN, H., RUUSKANEN, J. 2001. «Neural networks and periodic components used in air quality forecasting». *Atmospheric Environment* 35, 815-825.
- [14] JORQUERA, H., PÉREZ, R., ALDO, C., ESPEJO, A., LETELIER, M. V., ACUÑA, G. 1998. «Forecasting ozone daily maximum levels at Santiago Chile». *Atmospheric Environment* 32, 3415-3424.
- [15] AGIRRE, E., ANTA, A., BARRON, L. J. R., ALBIZU, M. V. 2007. «A neural network based model to forecast hourly ozone levels in rural areas in the Basque Country». *Air Pollution XV. WIT Transactions on Ecology and the Environment*, pp. 109-118. Witpress, Southampton.
- [16] HORNIK, K., STINCHCOMBE, M., WHITE, H. 1989. «Multilayer feedforward networks are universal approximators». *Neural Networks* 2, 359-366.
- [17] FINLAYSON-PITTS, B. J. and PITTS, J. N. 1986. *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and experimental techniques*. Wiley, New York.
- [18] CYBENKO, G. 1989. «Approximation by superpositions of a sigmoid function». *Mathematics of Control Signals and Systems* 2, pp. 303-314.
- [19] HAGAN, M. T., DEMUTH, H. B., BEALE, M. 2005. *Neural Network Toolbox*. The Mathworks, Inc., Natick.
- [20] OLESEN, H.R. 1994. «Model Validation Kit for the Workshop». *Compendium of Materials. Operational Short-Range Atmospheric Dispersion Models For Environmental Impact Assessments in Europe*. National Environmental Research Institute, Denmark.

- [21] AGIRRE, E., ANTA, A., BARRON, L. J. R. 2008. Determinación matricial del modelo de predicción de los niveles máximos de ozono diarios en Munda y Pagoeta construido sobre el periodo 2004-2007. Informe Técnico n.º 083P/2008, Dpto. Medio Ambiente, Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- [22] AGIRRE, E., ANTA, A., BARRON, L. J. R. 2006. Predicción de los niveles máximos de ozono diarios en Kostaldea y Alava Septentrional. Determinación de las variables de entrada del modelo de predicción. Informe Técnico n.º 102P/2006, Dpto. Medio Ambiente, Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- [23] Eusko Jaurlaritza. 2009. http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-3614/eu/contenidos/informacion/red_calida_aire_capv/eu_975/indice_calidad_e.html

