

Makroszkopikus forgalmi modell bázisú analízis és adatbank szerepe, a levegő és zajszennyezés csökkentésére

Dr. Péter Tamás¹, Dr. Hány András², Dr. Szauter Ferenc³, Dr. Vadvári Tibor⁴, Dr. Lakatos István⁵

¹ Department of Control for Transportation and Vehicle Systems, Budapest University of Technology and Economics; Stoczek u. 2, H-1111 Budapest, Hungary; peter.tamas@kjk.bme.hu

² ZalaZONE; Industrial Park Ltd., Dr. Michelberger Pál u. 3., H-8900 Zalaegerszeg, Hungary; andras.hary@apnb.hu

³ Széchenyi István University SZE KVJT and JKK; Egyetem tér 1. H-9026 Győr, Hungary; szauter@sze.hu

⁴ University of Pannonia; Gasparich Márk u. 18/A, H-8900 Zalaegerszeg, Hungary; vadvvari.tibor@zek.uni-pannon.hu

⁵ Széchenyi István University SZE KVJT and JKK; Egyetem tér 1. H-9026, Győr, Hungary; lakatos@sze.hu

A kutatás a közúti közlekedés által okozott városi levegő és zajszennyezés problémáját vizsgálja. Ezzel kapcsolatban, az alkalmazhatóság szempontjából áttekintjük a fontosabb légszennyezési modelleket és azok paraméterigényeit, továbbá a zajszennyezések modellezéséhez szükséges jellemzőket. Tárgyaljuk a közúti közlekedés okozta zaj- és légszennyezés-modellezés kérdéseit is. Javaslatot teszünk egy átfogó közúti közlekedési hálózati modell alkalmazására, amely a forgalomtól függően figyelembe veszi a zaj és levegőszennyezést. Vizsgáljuk a városi közlekedéssel összefüggő zajszennyezést és az ezzel kapcsolatos problémákat. Tárgyaljuk a korábbi makroszkopikus közúti közlekedési modell továbbfejlesztési lehetőségét a zajterhelésszint számítási módszerrel. Vizsgáljuk a megoldási lehetőséget a számított forgalmi helyzetekből készíthető stratégiai kivitelezésre. Áttekintjük a városi közlekedés forgalmi adatbankjának tervezésekor felmerülő kérdéseket és megoldásokat. Az adatbankkal szemben támasztott elvárásokat, a megvalósítandó architektúrát, a felhasználásra kerülő technológiákat. Megvizsgáljuk az Adatbank funkcióit és azt, hogyan viszonyulnak ezek a forgalmi modellezéshez. Az Adatbank terveink szerint egy általános megoldást kínál a közlekedési hálózatok statikus és dinamikus adatainak tárolására és vizsgálatára.

1. BEVEZETÉS

A környezetünk minőségét nagyban meghatározza a közlekedési zajszennyezés. A motorizáció fokozódásával azonos ütemben nőtt a közlekedési zaj annak ellenére, hogy az egyes közlekedési eszközök egyedi zajkibocsátása csökkent. Ennek következményeképp ma a városi zajterhelés 70-80%-a a közlekedésből származik. „Az ENSZ adatai szerint a civilizációs zajterhelés évtizedenként 1 dB-lel növekszik, a nagyvárosi zaj ma harmincszor akkora, mint a 30-as években volt.” Tulipánt Gergely (2007).

Jelen kutatásunk áttekinti a felmerült problémákat és egy ezekhez kapcsolódó modell integrálását tűztük ki célul a közúti forgalom modellezésével Péter Tamás (2007).

A nagyméretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok modellezésére kifejlesztett módszerünk gyorsasága révén lehetőség nyílik olyan további nagy számításigényű modellek integrálására is, mint a levegőszennyezést vagy zajszennyezést leíró folyamatok modelljei.

Ezt követően, áttekintjük a levegő és zajszennyezés kapcsán felmerülő leg súlyosabb problémákat, amelyek a kutatás különös aktualitását alátámasztják.

Az Európai Gazdasági Közösségben a környezetvédelem kérdése viszonylag későn, a hatvanas évek végére, a hetvenes évek elejére került a figyelem középpontjába. Az

Unió szabályozás központi forrásának a Bizottság által kidolgozott környezeti akcióprogram-rendszert tekinthetjük. A zaj elleni közösségi küzdelem eddig elért eredményeit, és korántsem kevés hiányosságait a 1996 novemberében elkészült „Zöld Könyv” deklarálta. A Könyv reális képet festett a közvetett szabályozási elv- mely szerint a környezeti zaj helyi probléma, aminek felszámolása tagországi kötelezettség- kudarca van ítélve. A Zöld Könyv elsőként rögzítette egy olyan keretszabályozás szükségességét, amely a környezeti zaj kezelésére vonatkozó kötelező direktívákat tartalmazza.

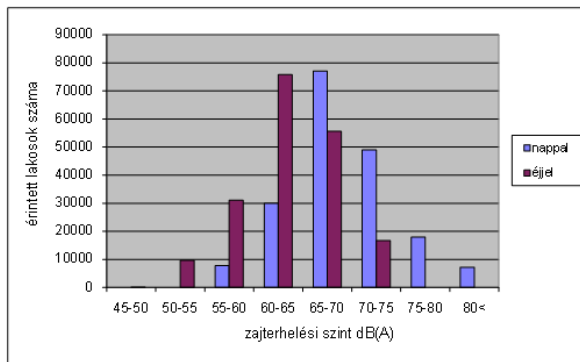
A zajvédelem területén a legfontosabb intézkedési feladatként:

- a zajforrás kibocsátási jellemzőinek megváltoztatását
- a zajtól védendő területeknek a zajforrás-területektől való geográfiai elkülönítését
- passzív eszközök igénybevételét jelölte meg.

A korábbi szabályozással ellentétben, már nemcsak egyes meghatározott termékek zajkibocsátásának mérési módszerei és határértékei egységesítésében látták a zajszennyezetttség csökkentésének lehetőségét Fecser Nikolett; Krecht Rudolf; Kuti, Rajmund (2019), Fecser Nikolett (2018.1), Fecser Nikolett (2018.2), hanem a passzív védelem, a

közlekedéstervezési intézkedések támogatásában és a gazdasági eszközök figyelembevételében egyaránt. 2002 júniusában fogadták el a 2002/49/ EK irányelvet, mely a stratégiai zajtérkép - készítés kötelezettségét róta a tagállamokra. A térképek a nagyvárosi agglomerációtól a nagy forgalmú közutak és vasútvonalakon keresztül a fontosabb repülőterek körét fogják át.

Az egyes országok a stratégiai zajtérképek mellett az egyes lokális problémák kezelésére intézkedési tervek elkészítését vállalták.



1. ábra: A zajban érintett lakosok számának eloszlása az őket érő zajterhelési szint szerint Paár István – Csöndes Géza – Lakatos István – Nagyszokolai Iván (2005)

Az irányelvben a Bizottság további célokat fogalmazott meg az „elzajosodott Európa” problémájának csökkentésére:

- zajterhelés mértékére vonatkozó megbízható adatbázis
- az egyes zajforrások külön irányelvekben történő szabályozása
- a tagállami zajszintekre vonatkozó adatok összehasonlító kritériumoknak történő alávetése
- széles körű nyilvánosság

A zajmisszió feltérképezésére, megállapítására irányuló igény (és kötelezettség) jelen van Magyarországon és Európában is. Kézenfekvő tehát a lehetőség, hogy a megfogalmazott Péter T., Bokor J. (2007), Péter T. (2005), Péter T. (2011) makroszkopikus közúti közlekedést leíró modellre fejlesztett Traffic szoftverünket Péter T., Stróbl A., Fazekas S. (2007), (2009) ilyen irányban bővítsük.

Az Egészségügyi Világszervezet álláspontja szerint jelenleg nem ismeretes a PM10 olyan alacsony koncentrációja, amelynél nem kellene az egészségkárosodás kockázatával számolni.

A közlekedésen belül elsősorban a dízelüzemű járművek a felelősek a PM10-kibocsátásáért: túlnyomó részben a tehergépkocsik, kisebb mértékben a személyautók, és a legkevésbé – mindössze tizedéért – az autóbuszok.

Világszerte a zaj által okozott hallóképesség-csökkenés a legelterjedtebb irreverzibilis foglalkozási ártalom, becslések szerint szerte a világon mintegy 120 millió ember szenved munkaképtelenséget okozó halláskárosodásban. A fejlődő

országokban nemcsak a munkahelyi zaj, hanem a környezeti zaj is növekvő szerepű hallóképesség-csökkenést okozó rizikótényező. A zaj egyrészt az alvás ideje alatt elsődleges hatásokat fejthet ki, másrészt az éjszakai zajbehatás utáni napon megállapítható másodlagos hatásokat okozhat. A zavartalan alvás a jó fiziológiai és mentális funkció előfeltétele. Az alvás zavarásának elsődleges hatásai: elalvási nehézségek, felébredések és az alvás fázisainak vagy az alvás mélységének változásai, vérnyomás-emelkedés, pulzus- és ujjpulzus-amplitúdó növekedés, vasoconstrictio, a légzés megváltozása, szív arrhythmia és hevesebb testmozgás. A reakció fellépésének valószínűségét feltehetően inkább a zajesemény hangereje és a háttérzajok hangereje közötti különbség, mint az abszolút zajszint határozza meg.

2. A ZAJTERHELÉSSZINT SZÁMÍTÁSA

Az ÚT 2-1.302:2003 számú útügyi műszaki előírás részletesen leírja az országos közutak kezelői számára kötelezően alkalmazandó számítás menetét a zajterhelésszint megállapítására.

A következőkben kiemeljük a szoftveres alkalmazás szempontjából jelentősebb részeit a számításnak, tekintettel az alábbiakra:

MSZ 15036 2002.(Hangterjedés a szabadban). MSZ 18150-1:1998 (A környezeti zaj vizsgálata és értékelése). MSZ 18150-2:1984 (Immissziós zajjellemzők vizsgálata).

A zajterhelésszint számításakor ún. akusztikaijárműkategóriák kerülnek megállapításra, amely az egyes forgalmi járműkategóriák összevonásával történik. Ily módon pl. a motorkerékpár akusztikai szempontból egy kategóriába kerül a könnyű tehergépkocsival és a szóló autóbusszal. A szoftverben egységjárművek, ill. jármű-méter mértékegységben állnak rendelkezésre a forgalmi adatok, ezért célszerű bővíteni a szoftvert egy moduldal, melyben a modellezett terület egyes részeire a forgalmi járműkategóriák megoszlása beállítható. A továbbiakban a műszaki előírás – kevés kivétellel – minden paraméter és korrekciós tényező megállapításánál erre az akusztikai járműkategória besorolásra támaszkodik, így alkalmazása megkerülhetetlen.

Az útkategóriák megállapítására (Autópálya, autótűt, egyéb út: 4 ill. 2 forgalmi sáv) a felhasználó által felvitt útgeometriai adatok alapján egyértelműen lehetséges. A terhelési paraméterek értéke – az akusztikai járműkategórián túl – két tényezőtől függ. Egyfelől tudnunk kell, hogy egyenletesen áramló, gyorsuló, avagy lassuló forgalom jelentkezik az adott útszakaszon, másfelől az útszakasz emelkedésének (lejtésének) %-os értékének ismerete szükséges (előbbi adatok a jelzőlámpák és egyéb forgalombefolyásoló elemek statikus helyzetéből adódóan rendelkezésre állnak).

Az A osztálynál rosszabb besorolású útburkolatoknál korrigálás szükséges, amely a következő képlet szerint történik:

$$K_{t, \text{korrigált}} = 10 \log [10^{0,1K_t} - 10^{0,1G_i} + 10^{0,1(G_i+K)}] \quad (1)$$

ahol G_i értékek az előírás szerű segédábrájából olvashatók le, a K tényezők pedig az akusztikai érdességi

kategóriára vonatkozó, a műszaki előírásban megadott értékek.

Az egyenértékű A-hangnyomásszint számításához ki kell számolni még K_D értékét is, amely az előírás B jelű fődiagramjából olvasható le a mértékadó sebesség és az akusztikai járműkategóriához tartozó forgalomnagyság (jármű/h) függvényében. A forgalomnagyságot az útkategóriának, napszaknak (nappali vagy éjjeli) és akusztikai járműkategóriának megfelelően egy A_m tényezővel kell csökkenteni, továbbá nappali időszakban 16 órás, éjjel 8 óras időtartamra vonatkoztatva számolni.

Az akusztikai járműkategóriánként kapott egyenértékű zajszinteket összegezzük, és az összeg logaritmusának tízszerese adja (1) alapján azt az L_{eq} hangnyomásszintet, amely ideálisnak tekinthető körülmények között az előírásban definiált pontban mérhető.

Az előbbieken felsorolt korrekciós tényezők magyarázata során láthattuk, hogy a környezeti tényezők összessége nem elhanyagolható mértékű zajnövekedést (csökkenést) okozhat az előzetesen kiszámított zajszint mértékében.

A legjelentősebb korrekciót adó tényezőkkel (távolság, hangvisszaverődés és hangárnyékolás) kapcsolatos létesítmények térinformatikai paramétereit a szoftverben rögzíteni kell, erre egy külön felületet kell létrehozni.

3. LÉGSZENNYEZÉSI MODELLEK

Valójában a városi légszennyezettég széles tér- és időskálán lejátszódó fizikai és levegőkémiai folyamatokat foglal magában. A városok jellemző kiterjedése 10-20 km, illetve még nagyobb, amennyiben a várost körülölelő agglomeráció levegőminőségére gyakorolt hatásait is figyelembe vesszük. A probléma nem egyszerű, mert a kibocsátás abban a légköri rétegben történik (canopy layer), ahol a légáramlásokat az épületek és egyéb mesterséges akadályok jelentős mértékben módosítják. Ennek következtében az adott pontban kialakuló koncentráció értéke akár nagyságrendileg is különbözhet egy hasonló mértékű emisszió sűrűséggel jellemezhető, de beépítéssel nem rendelkező területen kialakuló koncentrációtól. Ebből következően, ha a lokális számítások során az egyedi akadályok hatásait csak leegyszerűsítve, például egy átlagos érdességi paraméteren keresztül vesszük figyelembe, jelentős hibát követünk el.

- A mérőpontok („receptor pontok”) szükségszerűen a források közelében helyezkednek el. Az áramlási mező természetes, illetve épített akadályok által gerjesztett változékonysága következtében a koncentráció értéke viszonylag kis távolságon belül is jelentősen változhat. Az erős koncentráció gradiens miatt gyakran szinte megoldhatatlan feladat a reprezentatív mérőpontok kijelölése a városi monitoring hálózat állomásai számára. A

nyomanyagok koncentrációja egy adott receptor pontban rövid intervallumokban is igen jelentős időbeli változékonyságot mutat.

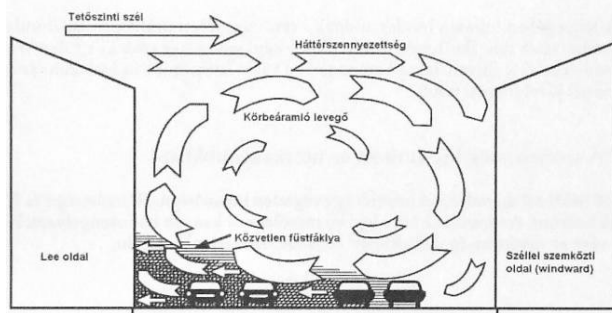
A városi, lokális környezetben lezajló levegőkémiai átalakulások különböző időléptékekben mennek végbe, és a kialakuló koncentrációmezőt a keveredési folyamatok intenzitása, illetve annak tér- és időbeni kiterjedtsége is nagymértékben befolyásolja.

3.1 A Gauss-modell

A jelentős kibocsátással rendelkező magas pontforrásból származó környezeti terhelés vizsgálatára a Gauss-féle eloszlási modellt alkalmazhatjuk. Felhasználása során számos feltételezéssel kell élnünk, de egyszerűsége, kis számítási igénye miatt azonban a mérnöki gyakorlatban ez a módszer igen elterjedt. Az elnevezés a szennyezőanyagok szélre merőleges irányú koncentráció eloszlása és a matematikai statisztikából ismert normális (Gauss-féle) eloszlás hasonlóságából származik. A véletlenszerű mozgások ugyanis közel semleges légrétegződés, továbbá az ülepedési folyamatok elhanyagolása esetén, a szélirányra merőleges vízszintes és függőleges síkokban normális eloszlást alakítanak ki.

3.2 A levegő áramlása az utcákban

A levegő áramlásának legjellemzőbb tulajdonsága az utcák szintjén („street canyon”) az, hogy az épületek áramlásmódosító hatására örvények keletkeznek, és a talajszinti szél iránya ellentétes a tetők szintje felett tapasztalható széliránnyal. Annak ellenére, hogy ez a jelenség régóta ismert, leírására igen kevés közvetlen mérési eredmény áll rendelkezésünkre. Az utcákban uralkodó áramlási viszonyokra, szélprofilokra vonatkozó ismereteink nagy része szélcsatornában végzett kísérletekből származik.



2. ábra: Az áramlás és a diszperzió sematikus rajza utcakanyonban

3.3 A STREET modell

Ez egyike, a legkorábban szerkesztett lokális diszperzió modellek kutatásain alapul, amelyet az alábbi szerzők cikke tartalmaz:

Johnson, W.B., Ludwig, F.L., Dabbert, W.F. and Allen, R.J. (1973) An urban diffusion simulation model for carbon monoxide. JAPCA, 23,490-498.

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00022470.1973.10469794?needAccess=true>

További részletesebb összefoglaló tárgyalást adnak a témában a következő szerzők, az alábbi munkájukban:

R. Berkowicz, O. Hertel, S.E. Larsen, N.N. Sorensen, M. Nielsen (1997) Modelling traffic pollution in streets, Ministry of Environment and Energy National Environmental Research Institute DK-4000, Denmark, 1-52.

<https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/438467>

A számítási elv több USA-beli nagyvárosban végzett mérési sorozat eredményeinek értékeléséből származtatott empirikus összefüggés azokra az esetekre, amikor a szélirány 30°-nál nagyobb szöveget zár be a vizsgált utca irányával.

3.4 A CPMB modell

Újszerű közelítést jelentett a lokális diszperzió becsléséhez a Yamartino és Wiegand (1986) által fejlesztett Canyon Plume-Boksz Model (CPMB).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0004698186903070>

A koncentráció eloszlás meghatározásához a gépjárművekből származó közvetlen légszennyezés hatását számító füstfáklya modellt kapcsolták össze egy olyan dobozmodellel, amely a szennyezőanyagok kanyonon belüli, örvényáramok által előidézett keveredését, újra eloszlását szimulálja. A közvetlen mérésekkel történt összehasonlítás eredményei alapján elmondható, hogy ez a modell abban az esetben ad a valóságoshoz közeli értékeket, amikor a koncentráció kialakításában a kanyon belsejében kialakuló örvény advekcója dominál a diffúzióhoz képest.

3.5 A CAR modell

A CAR modell (Eerens et al., 1993) parametrizációja széles körű szélcsatorna-vizsgálatok eredményeire épül.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/095712729390016Y>

Összesen 49, különböző típusú épületegyüttest, illetve egyéb akadályt (pl. facsoportok) állítottak össze 1:250 arányú kicsinyítésben, majd minden egyes esetben 12 receptor pontban vizsgálták a különböző kibocsátások esetén kialakuló koncentrációkat. A modell az alábbi paramétereket veszi figyelembe: épületek magassága; az út középvezetől mért távolság; városi légszennyezési alapterhelés; a regionális háttér koncentráció; a vizsgált város karakterisztikus mértani sugarával arányos érték; a kibocsátás meghatározásánál külön kezeli a személygépkocsikat és könnyű áruszállítókat, illetve a nehéz tehergépjárműveket és autóbuszokat; emissziós faktorokat a járművek haladási sebessége függvényében határozzák meg négy átlagsebesség-intervallumra; az utca jellegétől függő hígulási változó; az

aktuális szélességgel arányos tényező; a fák, facsoportok szélességre gyakorolt hatását jellemző empirikus változó.

4. KÖZÚTI KÖZLEKEDÉS ZAJSZENNYEZÉSI MODELL

Kifejezetten a közúti közlekedésre, egy jó közelítéssel működő, általánosan használható modell aligha írható fel, mert a szükséges feltételrendszer laboratóriumon kívül sosem áll fenn. Az alábbiakban összefoglaljuk a zajterjedését befolyásoló elsődleges tényezőket.

A levegő, amelyben a hanghullámok terjednek, egyáltalán nem ideális, így a távolságtörvény alapján számított hangnyomásszint-csökkenésnél nagyobb adódik a valóságban. Ennek egyik oka a levegő hangelnyelése. A levegőben a zaj terjedése során veszteségek keletkeznek. A levegő csillapítása erősen függ a frekvenciától, így a magas hangok jobban csillapodnak, mint a mélyek. A csillapítás függ ezen kívül a levegő hőmérsékletétől és relatív nedvességtartalmától is.

Vizsgáljuk meg a szél és a hőmérséklet hatását! A nyílt földfelszín fölött mindig létezik egy jelentős függőleges irányú szél-és hőmérsékleti gradiens, melynek nagysága és előjele befolyásolja a zajterjedési viszonyokat. A szélesség és a hangterjedési sebessége vektoriálisan összegződik, így a széliránnyal megegyező irányú hangterjedés nagyobb, ellenkező irányban kisebb sebességű. A légáramlást a talaj közelében a növényzet és a beépítés fékezi, ezáltal a szélesség a magasság növekedésével növekszik. Emiatt a hanghullámok a szélirányban történő terjedésnél a föld felé, ellenkező irányú terjedésnél a földről felfelé hajlanak el.

A széllel szembeni zajterjedésnél bizonyos távolságra hangárnyék jön létre. Szélirányban történő zajterjedésnél azonban nem alakul ki árnyék, sőt a hanghullámok föld felé hajlása ebben az esetben a mesterségesen akadályozott zajterjedést kedvezőtlenül befolyásolja, és a zajcsökkentő hatást részben vagy teljesen megszünteti. A szél hatása különösen nagy távolságokban okozhat nagy hangnyomásszint-ingadozásokat. A szélhez hasonló hatást gyakorol a zaj terjedésére a hőmérséklet is. Abban az esetben, amikor a hullámfront bizonyos részeinek terjedési sebessége különbözik a hullámfront többi részének sebességétől, a hullámfront iránya megváltozik. Nappal a talaj felmelegedése közben a levegő felsőbb rétegei hidegebbek, mint az alsók, azaz negatív hőmérséklet-gradiens alakul ki, az alsóbb rétegekben a hanghullám útját jelző nyomvonal felfelé görbül, és bizonyos távolságban árnyékvonal alakul ki. Abban az esetben, ha az alsó rétegek hidegebbek (téli, valamint tiszta szélcsendes éjszakában), mint a felsők, akkor a nyomvonal a föld felé hajlik el.

A talaj közelében bekövetkező különböző hatások többletszillapítást okozhatnak. A földhatás komplex jelenség, amelyet a föld hangvisszaverő és hangelnyelő tulajdonsága együttesen idéz elő, és amelyet jelentős mértékben

befolyásolnak a földközeli meteorológiai viszonyok. A kemény felületek (beton, aszfalt) hangelnyelése nagyon csekély, a füves terület, kötött talaj elnyelése már jelentős. Ha a zajforrás a talaj fölött van, interferencia lép fel a megfigyelő helyén, a közvetlen és a talajról visszavert hanghullám között. Nagyobb távolságok esetén a hangelnyelés és szóródás következtében 3 dB többletcillapítással számolhatunk, a szabad feltétri terjedéshez képest. A sűrű fű vagy más aljnövényzet lényegesen nagyobb csillapítást eredményez, mint az elnyelő talajok (pl. homok). A csillapítás elérheti a 20 dB/100 m értéket is.

A földfelszíni hangterjedést jelentősen befolyásolják a különböző akadályok – házak, házsorok, falak, gátak – és a domborzati viszonyok. Az akadályok mögött hangárnyék alakul ki, ahova, ha más visszaverő felületek nincsenek a közelben, csak az akadály felső élét és rétegeit megkerülve a hullámelhajlás jelensége miatt és különleges terjedési viszonyok következtében jut el a hang. A hang útjába helyezett akadály (épület, terepalakulat, zajvédő fal) mögött hangárnyék keletkezik. Az akadály élénél a hang szóródik, ezért az árnyékolás nem teljes, a hangakadály mögé is jut.

3. AZ EGYES MODELLEK ALKALMAZHATÓSÁGA

Levegőszennyezés

A szakirodalomból származó légszennyezési modelleket áttekintve látható, hogy bármelyik modell alkalmazása jelentős erőforrásigénnyel jár és a korrekt számításához szükséges adatok teljes körű beszerzése ellehetetlenül nagy hálózatok esetében. Magyarországon történtek kezdeményezések levegőszennyezettséget előrejelző rendszer kiépítése ügyében (lásd HUNGRID), de ezek széleskörű társadalmi összefogás nélkül nem megvalósíthatók, tehát egy közlekedés szimulációs szoftverben való alkalmazásuk sem ésszerű célkitűzés. Reális célként olyan a légszennyezettség számítására alkalmas modell-kutatás javasolható, amely a forgalom nagyságára, mint fő jellemzőre támaszkodva ábrázolja a nagyméretű közlekedési hálózatokon a levegő szennyezettségét. A modell tetszőlegesen finomítható, pl. olyan közlekedésgazdasági paraméterek alkalmazásával, amelyek a körzet járműállományát jól jellemzik. Online módon történő használatának alapfeltétele adatközponttal kiépített kapcsolat, amely olyan elengedhetetlenül szükséges adatot szolgáltat, mint pl. az uralkodó szélirány és -sebesség. Kiemelt jelentőségű légszennyező anyagok [kén-dioxid, nitrogén oxidok, nitrogén-dioxid, szénmonoxid, ózon, szálló por (PM10), benzol]

Zajszennyezés

A hanghullámok terjedésének, illetve azok intenzitásának csökkenése az előbbiekben összefoglalt szempontrendszer szerint bonyolult, mindenképpen nagy mérésigénnyel felmerülő feladat. Figyelembe véve annak a lehetőségét, hogy a felmerülő nagy mérési adat igények mellett első

közelítésben utca-szintű modell integrálása a kivitelezhető, melyben elegendő volna a közlekedési modellünk számára ismert paramétereken túl, a forgalom összetételét jellemző paraméter felvétele, referenciamérési sorozat felhasználásával a forgalomban résztvevő járművek összetételére. A szimuláció során így kapott zajtérkép tájékoztatási jelleggel, és riasztási rendszerben való részvételre alkalmas lehetne online monitoring esetén.

- Mi videokamerával összekötött emisszó és zajmérőkkel is felszerelt mérőberendezések alkalmazását tartjuk célszerű megoldásnak a helyi zaj és kibocsátás pontos meghatározására és csökkentésére.
- Ezzel párhuzamosan GPS-et alkalmazva, a forgalomban résztvevő járművek sebességeinek mérésére és ezt összekötve drónfelvételekkel, amelyek a járműsűrűség mérésére szolgálnak.
- Az a meglátásunk, hogy a forgalomban keletkező zajt a forrásnál célszerű figyelembe venni, mivel ennél a legkevesebb az az „empíria” ami önmagában is sok pontatlanság hordozója.
- Franciaországban 2021. novembertől már nemcsak a járművek sebességét, hanem az általuk kibocsátott zajt is mérik. Az új forgalomfelügyeleti technikai eszköz a „Méduse” folyamatosan méri az elhaladó gépjárművek által kibocsátott zaj értékét. A négy irányban elhelyezett akusztikus érzékelők alapján pontosan megállapítja honnan érkezik a zaj. A zajmérő készülékeket nagy felbontású, 360 fokos látóterű kamerákkal egészítik ki, melyek a forgalmi rendszám alapján azonosítják a járműveket. A kísérleti fázisban a tesztüzemet Párizsban és további hét városban kezdik meg. Kezdetben nem a szankcionálás a cél, de a későbbiekben a túl zajos járművel közlekedőkkel szemben eljárás indul.

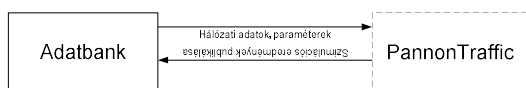


3. ábra: A kibocsátott zaj mérésére alkalmazott „Méduse”

4. KÖZLEKEDÉSI ADATBANK TERVEZÉSE

Egy általános városi forgalmi, környezeti közlekedési terhelést tartalmazó adatbázis létrehozására szükség van, azonban ezen kívül további igények is indokolják a rendszer kifejlesztését.

Az adatbank-rendszer szempontjából lényeges kérdés az aktuális hálózati modell bemenő paramétereinek meghatározása, beszerzése, azok közös helyen történő tárolása és az, hogy ezek elérhetőek legyenek a modellező szoftver által is használható interfészen keresztül. Továbbá felmerült az igény, hogy a szimulált eredményeket a modellezést és a szimulációt követően jól strukturált, kereshető formában elérhetővé tegyünk megfelelő jogosultságú felhasználók számára, így azokat a forgalmi szoftvertől függetlenül megvizsgálhatják és összehasonlíthatják. Ezért az említett interfészen keresztül fel is tölthetőek a szimulációs eredmények az Adatbankba.



4. ábra: Az Adatbank és a Traffic szoftver alkalmazás kapcsolata

Emellett igény van arra is, hogy a modell bemenő adatainak összegyűjtése mellett azokat megfelelő formában rögzítsük és tároljuk az Adatbankban későbbi felhasználás céljából: ehhez azonosítani kell a jellemzőket leíró objektumstruktúrákat, és az adatbank relációs adatbázisában el kell tárolni ezeket. A modell általános célú bemenő adatait pedig az Adatbank webes felületén publikálva kell elérhetővé tenni.

A hálózati modellt leíró jellemzők származtatottak is lehetnek (például a makroszkopikus járműsűrűség GPS mérések alapján történő meghatározása az átlagos járműsebesség és a makroszkopikus járműsűrűség közötti fundamentális összefüggések alkalmazásával). Fontos, hogy a származtatott adatok meghatározása megismételhető legyen – akár egy-egy paraméter módosításával finomítható legyen ezeknek a jellemzőknek az előállítása.

5. A TÁROLT ADATOK

Az Adatbankban tárolásra kerülnek a **modellspecifikus adatok**, mint például a hálózati gráf illetve az α disztribúciós paraméterek és β akadályozási paraméterek, amelyek az egyes szakaszok közötti kapcsolatokat írják le a hálózati modellben; továbbá a **modellfüggetlen tulajdonságok** is, mint például az útminőség vagy a közlekedési csomópontok fázistervei. Utóbbi csoportba tartoznak a pozíciófüggő jellemzők is, amelyek egyetlen GPS koordinátahoz rendelt mennyiségek vagy jellemzők.

Ahhoz, hogy a Traffic-program alkalmazás felhasználhassa a modellfüggetlen mennyiségeket is, le kell kérdezni az Adatbanktól azokat és a modellelemekhez kell őket rendelni.

Ezt követően egy leképezést kell végrehajtani, amelynek eredményeképp az adott sáv vagy parkoló – vagy a hozzájuk tartozó kapcsolatok valamelyik paramétere megváltozik. Ilyen feldolgozás előzi meg a GPS adatok felhasználását is: előbb ezeket a (GPS-pozíció – sebesség – mérési időpont) hármasokat modellelemekhez kell rendelnie egy algoritmusnak (a felesleges, vagy zavart adatok kiszűrését követően), majd megbecsülnie a sávon mért pillanatnyi makroszkopikus sebességet. Ebből a pillanatnyi makroszkopikus sebességből már meghatározható a becsült járműsűrűség az adott időpillanatra, ezekből az adatokból pedig, becsülhető a szakasz sűrűségfüggvénye. Az előzőekből adódik, hogy egy magasabb szintű és egy részletesebben megadott hálózati modell esetén más és más sűrűségfüggvények jellemezhetik ugyanazt a valós sávot vagy parkolót.

A már említett pozíciófüggő, (más néven pozícióhoz rendelt) jellemzők nagy előnye, hogy egységesen lehet őket kezelni. Amennyiben a hálózati modellben is meg kell jelennie a tényezőknek, akkor egy, már említett leképezést is elő kell állítani hozzájuk. Ez tipikusan a hálózati gráf topológiájából és az adott jellemző pozíciójából, és szükség esetén a hálózati elem iránytangenséből határozza meg a tényezőhöz tartozó tulajdonos modellelemet. A teljesség igénye nélkül pl., az alábbi tényezők mind lehetnek pozíciófüggő jellemzők: közlekedési táblák, jelzések; útburkolati jelek; balesetveszélyes helyek, éjszakai fényviszonyok, közvilágítás; vasúti keresztezések; tipikus zajszint. Sok jellemző nem mérhető fel kvantitatívan, vagy pedig iteratív szimulációk futtatásával kell majd meghatároznunk, hogy a makroszkopikus hálózati modellben hogyan reprezentáljuk az adott hatást, ezért nem is írhatók le bizonyos jellemzők kvantitatívan az adatgyűjtés során, ehelyett **kódtáblából** választja ki a felhasználó a jellemző értékét. Például felvesszük az Adatbankban a hálózat rosszul belátható pontjait, rögzítjük ezeket a pozícióhoz kötött jellemzőket, a beláthatóságot pedig nem kvantitatívan adjuk meg, hanem egy listából választjuk ki (például “belátható”, “nehezen belátható”, “nem belátható”). Így elég a szimuláció futtatásakor módosítani a megfelelő modellparamétereket, például az érintett kapcsolatok β -tényezőit lecsökkenthetjük a megfelelő szint-értékre. Később, a jellemzők leképezésén változtathatunk, ha szükséges, ezáltal finomhangolható a modell-szimuláció.

A fentiek mellett egyéb, adminisztratív adatok is tárolásra kerülnek, például a hosszan futó folyamatok állapotának nyilvántartásához szükséges Job Queue (lásd később), vagy a felhasználók autentikálásához és autorizációjához szükséges adatok.

6. AZ ADATBANK FŐBB FUNKCIÓI

Az adatbank funkciói két csoportra oszthatóak, aszerint, hogy a felhasználó számára nyújtott, a felhasználói felületen nyújtott funkcionalitásról, vagy az adatbank adatátöltő

interfészén keresztül történő, a Traffic-Program alkalmazás felől kezdeményezett műveletekről van szó.

A felületen a felhasználó megtekintheti az összeállított hálózati modellt, a hozzátartozó térképen pedig a pozícióhoz rendelt jellemzőket, ezekre rákereshet, az egyes modellelemekre és a hozzájuk rendelt jellemzők értékeit megtekintheti, szerkesztheti, új jellemzőket vehet fel az Adatbankba. Összehasonlíthatja a szakaszok GPS mérések alapján számított járműsűrűség grafikonjait a makroszkopikus szimuláció által kiszámított járműsűrűség grafikonokkal. Csak bejelentkezést követően férhet hozzá a felhasználó a rendszerhez.

Az adatátöltő interfészen keresztül kommunikál a Traffic-Program szoftver az Adatbankkal, ezen keresztül az Adatbankból lekérdezi a hálózati jellemzőket, a közlekedési lámpák fázisterveit, az input és output szakaszok járműsűrűség-idő függvényeit. A szimuláció befejeztével pedig közzéteheti az Adatbankba a számított, makroszkopikus járműsűrűség függvényeket, valamint a teljes hálózati gráfot. Az Adatbank és a Traffic-Program alkalmazás funkcióinak van egy közös metszete: mindkét rendszerrel meg tudjuk jeleníteni a hálózati gráfot és a hálózati modellt, annak bizonyos paramétereit módosítani tudjuk, habár az Adatbank bővebb adatkört kezel. Továbbá korábban számos tapasztalat mutatta, hogy egy webes felületen elérhető Traffic előnyösebb lenne, mint a jelenlegi vastagkliens megoldás, akár gyakorlati feladatok megoldása során, akár a szoftver harmadik félnek történő bemutatása, kipróbálása során is. Emiatt úgy tervezzük az Adatbank architektúráját, hogy az a Traffic-Program funkcionalitását is képes legyen megvalósítani, kiváltani.

7. AZ ATBANK ARCHITEKTÚRÁJÁVAL KAPCSOLATOS TECHNOLÓGIÁK

Az adatbázisstruktúrát célszerűen MySQL szerveren alakítjuk ki, ennek oka, az adatbázismotor ingyenessége.

Az Adatbank alkalmazást .NET alapokon valósítjuk meg, amelyet Windows szerver(ek) hosztol(nak), mivel a Traffic-Program alkalmazás is a Microsoft keretrendszerével készült.

Az adatelérési réteget NHibernate segítségével valósítjuk meg, ezzel hajtjuk végre az OR mappinget.

Az üzleti logikát komponensekre bontjuk, ezeket a komponenseket egy interfészen keresztül érhetik el a felsőbb rétegek. Ezek a komponensek tartalmazzák a már említett folyamatok implementációit, az adatok, jellemzők modellelemekhez történő hozzárendelésének algoritmusait, illetve később magát a (jelenleg a Traffic-Program alkalmazásban megvalósított) szimulációs algoritmust is.

Egyes szolgáltatások egy webservice-en keresztül érhetőek el: ezen keresztül kapcsolódik a Traffic-Program alkalmazás az Adatbankhoz, kérdezheti le a hálózati paramétereket és publikálhatja a szimuláció eredményeit.

A webes felület ASP.NET MVC3 keretrendszerben készül, JQuery használatával. A grafikonok, mérési eredmények jqPlot grafikonrajzoló plugin segítségével jelennek meg. További komponensnek tekintendő a hálózati modellen történő eligazodást segítő, a felhasználói felületen a modell mögött megjelenő térkép, ehhez az OpenStreetMaps közösségi térképszolgáltatását használjuk. Így adott esetben saját, dedikált térképszervert (tileserver) is telepíthetünk az adatbank mellé; ehhez egy Ubuntu szerverre kell beüzemelnünk és bekonfigurálnunk. A hálózati gráf és minden modellel kapcsolatos elem az OpenStreetMaps által nyújtott felületre történik, kliens oldalon. Erre a felületre nem közvetlenül rajzol az alkalmazás, hanem egy további absztrakciós rétegen keresztül, az OpenLayers segítségével. Ezáltal lehetővé válik, hogy az implementáció jelentősebb módosítása nélkül váltsunk térképszolgáltatást. Itt meg kell jegyezni, hogy nagy és összetett modellek megjelenítése illetve a grafikonok, szimulációs eredmények kirajzolása igen erőforrásigényes művelet, várhatóan sokat kell ezeken a lépéseken optimalizálni.

Bizonyos műveletek (GPS adatok beimportálása, Traffic-Program hálózati modell betöltése, későbbi fejlesztésként a szimulációs algoritmus futtatása) a felhasználó által is indíthatóak az Adatbank felületén. Egy ilyen művelet a lefutása, kiértékelése hosszú időt vehet igénybe (ekkor "Job"-nak nevezzük, várakozási sorban tárolja őket a rendszer, ez a Job Queue), ezért a webes felület kiszolgálásától független, kiszolgáló folyamatok (Job Processor service) végzik ezeket a műveleteket. A Jobok, vagy a Jobokat létrehozó felhasználók között prioritások állíthatóak fel, így befolyásolhatjuk azt, hogy párhuzamos használat mellett ki kapjon elsőbbséget a számítási kapacitás kihasználására. **Szükség esetén, akár több gépen, több ilyen Job Processor Service is futhat, ugyanazt az adatbázist használva. Így a rendszer horizontálisan is skalázható.**

ÖSSZEFOGLALÁS

Anyagunk, a közúti közlekedés által okozott városi levegő és zajszennyezés problémáját vizsgálja. Ráműtünk arra, hogy a zaj- és légszennyezés modellezése, egy átfogó közúti közlekedési hálózati modell alkalmazását igényli, amely a forgalomtól függően, egyaránt figyelembe veszi a zaj és levegőszennyezést is. Ehhez kapcsolódva, összefoglaltuk egy Közlekedési Adatbank architektúrájának tervezését érintő kérdéseket és ennek a létrehozásához kapcsolódó gyakorlati feladatokat is. Mindezt célszerű egy Traffic-Program szerkesztőfelületével együtt kezelni és minél teljesebb funkcionalitását implementálni a webre is az Adatbank esetében. Így, Zalaegerszeg esetében, a modell és szimuláció és a valós, mért adatfolyamatok magas szintű integrációja valósítható meg a folyamatos, optimális városi forgalmi környezet biztosítása érdekében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A konferencia cikk kutatásaihoz a „Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1-TKP2020) – Nemzeti Kihívások alprogram – Autonóm Közlekedési Rendszerek Kiválósági Központ létrehozása a Széchenyi István Egyetemen (TKP2020-NKA-14)” biztosított forrást.

IRODALOM

- Bozó László – Mészáros Ernő – Molnár Ágnes (2006) Levegőkörnyezet – Modellezés és megfigyelés, 2006
- Buna B.: (1982) A közlekedési zaj csökkentése, Budapest, 1982
- Fecser Nikolett; Krecht Rudolf; Kuti, Rajmund (2019) Analysis of Transient Phenomena in Water Supply Networks, INTERNATIONAL JOURNAL OF LATEST ENGINEERING AND MANAGEMENT RESEARCH 4 : 5 pp. 24-29. , 6 p. (2019)
- Fecser Nikolett (2018.1) Examining Fire Pump Nocchi CB8038T on Cavitation (2018) PERIODICA POLYTECHNICA-TRANSPORTATION ENGINEERING 1 pp. 220-224., 5 p. (2018)
- Fecser Nikolett (2018.2) Examining Fire Pump Nocchi CB8038T on Cavitation PERIODICA POLYTECHNICA-TRANSPORTATION ENGINEERING 1 pp. 220-224. , 5 p. (2018)
- Lakatos István (1994) Gépjárműmotorok szelepvezérlése Győr, Magyarország: Jaurinum Bt., 132 p.
- Lakatos István (2010) Instacioner üzemállapotú motorteljesítmény-mérés görgős járműfékpadon In: Bikfalvi, P. MicroCAD 2010: XXIV. microCad International Scientific Conference: E szekció: Anyagtudomány és -technológia. Miskolci Egyetem (2010) pp. 33-38., 6 p.
- Paár István – Csöndes Géza – Lakatos István – Nagyszokolyai Iván (2005) Rendszeres Környezetvédelmi Felülvizsgálat, Közlekedéstudományi Intézet KHT, Budapest 2005.
- Patvarczki József – Debreczeni Gergely – Lovas Róbert – Lagzi István – Kacsuk Péter – Turányi Tamás: A HunGrid bemutatása és alkalmazása levegőszennyezés előrejelzésére, MTA SZTAKI
- Péter T. (2005) Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Bp.2005. pp.1-465. Magyar Mérnökakadémia Symposium.
- Péter Tamás (2007) Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése Közlekedéstudományi Szemle LVII.: (9) 322-331 (2007)
- Péter T., Bokor J. (2007) Nagy méretű közúti közlekedési hálózatok nemlineáris modelljének kapcsolati hipermátrixa, A jövő járműve,1-2. Budapest, 2007
- Péter T., Stróbl A., Fazekas S. (2007) Hazai szoftverfejlesztés a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok folyamatanalízisére, Budapest, 2007 Magyar Mérnökakadémia: Innováció és Fenntartható Felsőszíni

Közlekedés Konferencia, <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/ú>

- Péter T., Stróbl A., Fazekas S. (2009) Speciális matematikai modellt alkalmazó szoftver, optimális útvonalak meghatározására. Budapest, 2009. Magyar Mérnökakadémia: Innováció és Fenntartható Felsőszíni Közlekedés Konferencia IFFK 2009. <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/>
- Péter T. (2011) Csomópontok optimális működtetése közúti közlekedési hálózatban, a matematikai modell tárgyalása. KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE LX. évfolyam:(1.) pp. 27-33. Paper 1. (2011)
- Tamás, Péter; István, Lakatos; Ferenc, Szauter (2015) Analysis of the Complex Environmental Impact on Urban Trajectories ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference: Mechatronics for Electrical Vehicular Systems. New York (NY), American Society of Mechanical Engineers (ASME) (2016) Paper: DETC2015-47077; V009T07A071, 7 p.
- Stróbl András – Suri Noémi (2010) Ipari és közlekedési zajforrások megelőzésének, csökkentésének jogi, műszaki és gazdasági eszközei, 2010
- Szeredi Ágnes: Szakdolgozat, ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék, Témavezető: Dr. Salma Imre Zichler Szilvia – Ocskay Rita – Salma Imre (2007) Budapest levegőszennyezettségének története, 2007
- Tulipánt Gergely (2007) A közúti és vasúti áruszállítás zajkibocsátásának elemzése és a zajterhelés csökkentési lehetőségeinek vizsgálata - PhD disszertáció, Budapest, 2007.
- Walz Géza (2008) Zaj- és rezgésvédelem, Complex Kiadó, Budapest 2008.