مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۱، صفحات ۴۷۷ تا ۴۹۲

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

توسعه مدل بومی ILGAM برای پیش بینی تولید و انتشار گاز متان از محل دفن پسماند شهری

سیدحسین خزاعی[۲،۱]، مظاهر معین الدینی[۱،*]، رضا رفیعی[۱]، نعمت‌اله خراسانی[۱]، ملانی ستلر[۲]

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تگزاس، آرلینگتون، آمریکا

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

واژگان کلیدی: محل دفن، انتشار متان، مدل بومی، ILGAM

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
moeinaddini@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی تولید و انتشار متان از محل‌های دفن توسعه داده شده است. مدل‌های ریاضی بر پایه معادله درجه اول به دلیل سادگی و همچنین نیاز به داده‌های ورودی کم، از ساده‌ترین و در عین حال دقیق‌ترین مدل‌ها برای پیش‌بینی تولید گاز در محل‌های دفن هستند. در این دسته از مدل‌ها، تولید گاز در محل دفن با استفاده از یک معادله درجه اول و سه ورودی شامل پتانسیل تولید متان پسماند ورودی به محل دفن، ضریب تجزیه و کل پسماند دفن شده در محل دفن برآورد می‌شود. هدف از این تحقیق، برآورد دقیق از پارامترهای مدل درجه اول و بهینه‌سازی برای برآورد تولید متان در محل دفن و همچنین توسعه محیط نرم‌افزاری ILGAM بوده است.

روش بررسی: مدل ایلگام (ILGAM) دارای دو بخش است: ۱) زیرمدل تخمین تولید متان که بر پایه مدل درجه اول استوار است، ۲) زیرمدل تخمین اکسیداسیون متان که بر پایه مدل MOT استوار است. پارامترهای مدل درجه اول در مقایسه با مدل‌های موجود، با استفاده از داده‌های موجود در جدیدترین منابع و با تاکید بر نقش فرایندهای هوازی مدل‌سازی شد. داده‌های میدانی انتشار و اکسیداسیون در محل دفن شهر کرج برداشت شد و با خروجی‌های مدل برای این محل دفن مقایسه شد.

یافته‌ها: مدل ایلگام میزان انتشار متان از محل دفن کرج را با خطای ۵/۸ درصد برآورد کرد. در مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای مدل‌های IPCC، LandGEM-Inventory و CLEEN به ترتیب دارای خطای ۷۴/۴ درصد، ۴۰/۲ درصد، ۲۷/۱ درصد نسبت به انتشار متان از محل دفن شهر کرج است.

نتیجه‌گیری: در مقایسه با سایر مدل‌های استفاده شده در این تحقیق، مدل ایلگام نزدیک‌ترین تخمین‌ها به داده‌های برداشت شده انتشار گاز متان و اکسیداسیون متان در محل دفن کرج را ارائه کرد. با این وجود استفاده از این مدل در مقایسه با سایر مدل‌ها به دلیل رابط کاربری آسان و فارسی بودن، برای کاربران ایرانی آسان‌تر از سایر مدل‌ها است و بنابراین کاربر با وارد کردن داده‌های قابل اندازه‌گیری در محل دفن، می‌تواند میزان انتشار و تولید متان را به سرعت و با دقت مناسبی تخمین بزند.

Please cite this article as: Khazaei SH, Moeinaddini M, Rafiee R, Khorasani N, L. Sattler M. Development of ILGAM model to predict generation and methane emission from landfill. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(3):477-92.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

مقدمه

رشد جمعیت، گسترش صنایع و توسعه فناوری‌های نوین، تغییر الگوی مصرف و همچنین تمایل افراد به استفاده از محصولات یک‌بار مصرف، باعث تولید زیاد پسماند در سال‌های اخیر شده و به دنبال آن، بحران‌های محیطی‌زیست مهمی در جوامع شهری نمایان شده است (۱). دفن پسماندها از ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های مدیریت پسماند است و از عمده‌ترین مشکل محل‌های دفن پسماند شهری، شیرابه و گاز تولید شده است (۲). براساس مطالعات انجام شده در اکثر شهرهای ایران بخش بزرگی از پسماند شهری شامل پسماندهای آلی می‌شود (۳). مدیریت پسماند در ایران به‌شدت وابسته به محل دفن است. در برخی شهرهای کوچک تا ۱۰۰ درصد پسماند دفن می‌شوند و به‌طور میانگین از کل پسماند تولیدشده در کشور (حدود ۵۰ میلیون تن در روز) حدود ۸۳ درصد دفن می‌شوند (۳). پسماندهای آلی هنگامی‌که دفن می‌شوند در اثر فرایند بی‌هوازی در محل دفن تولید بیوگاز می‌کند. بخش بزرگی از بیوگاز از متان (۷۵-۴۵ درصد) و دی‌اکسیدکربن (۵۰-۲۵ درصد) تشکیل شده است (۴، ۵).

گاز متان و دی اکسیدکربن هر دو جز گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شوند. با این وجود، درخصوص محل دفن، تنها متان به عنوان گاز گلخانه‌ای در نظر گرفته می‌شود. در سیاهه‌نویسی اثرات گلخانه‌ای محل‌های دفن، انتشار دی‌اکسیدکربن به دلیل زیست-منشا بودن آن در نظر گرفته نمی‌شود (۶). براساس گزارش Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) بخش پسماند، با انتشار ۵ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای سهم معنی‌داری از منابع با منشاء انسانی دارد که این ۵ درصد شامل انتشار متان از بخش تجزیه بی‌هوازی پسماندهای شهری است (۷).

با توجه به سختی‌های پایش انتشار متان در محل‌های دفن به دلیل عملیات میدانی، معمولا از مدل‌ها برای برآورد میزان تولید متان استفاده می‌شود (۸). از بین مدل‌های مختلف؛ به علت این که معادلات درجه اول نیاز به ورودی کمتری دارد و در نتیجه از پیچیدگی و عدم قطعیت کمتری نسبت معادلات با درجه بالاتر برخوردار است رویکرد مدل‌سازی با استفاده از معادلات درجه اول کاربرد بیشتری دارد (۹، ۱۰).

دو مدل IPCC و LandGem به طور مکرر در بسیاری از مناطق جهان و از جمله ایران برای برآورد میزان انتشار و نیز تولید متان در محل‌های دفن استفاده شده است (۱۱-۱۴) این دو مدل بر پایه یک معادله درجه اول استوار هستند و میزان تولید متان را براساس پارامترهایی مانند ترکیب پسماند و نیز اقلیم منطقه مورد مطالعه محاسبه می‌نمایند. علی‌رغم اینکه این مدل‌ها در ایران نیز استفاده شده است، در کشور ایران هیچ مطالعه‌ای برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی تولید و انتشار گاز متان از محل‌های دفن انجام نشده است و تقریبا تمامی مطالعات انجام شده استفاده از مدل‌های رایجی همچون IPCC، LandGem و ... بوده است.

اگرچه مدل‌های درجه اول می‌توانند با دو پارامتر ساده شامل پتانسیل تولید متان پسماند (L_0) و ضریب تجزیه (k)، تولید متان در محل دفن را پیش‌بینی کنند، با این وجود انتخاب نادرست پارامترهای مدل منجر به خطای بالا در برآوردها و پیش‌بینی‌ها خواهد شد. به دلیل اینکه این پارامترها براساس داده‌های محدود از محل‌های دفن در آمریکا توسعه داده شده است، علی‌رغم استفاده بسیار زیاد از این مدل‌ها، مطالعات مختلف نشان داده است که برآوردهای این مدل‌ها از دقت پایینی برخوردار است و عموما میزان تولید متان را بسیار بیشتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌کنند (۵، ۸). دقت پایین این مدل‌ها، منجر به این شده است که عدم قطعیت در سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌های استحصال گاز از محل‌های دفن افزایش یابد. خطای بالای این مدل‌ها، می‌تواند به خسارت‌های مالی در طرح‌های اقتصادی مربوط به سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌زیستی در محل دفن شود و لذا منجر به دلسرد شدن سرمایه‌گذاران از سرمایه‌گذاری در این بخش شود (۸). همچنین از همین مدل‌ها نیز برای برآورد انتشار متان از محل‌های دفن استفاده می‌گردد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

بنابراین خطای بالای این مدل‌ها منجر به برآورد نادرست میزان گازهای گلخانه‌ای از محل‌های دفن می‌شود که این در مرحله بعد منجر به هدر رفت هزینه‌ها در طرح‌های مبارزه با گرمایش زمین به دلیل اولویت‌دهی نادرست در تخصیص بودجه‌ها می‌گردد. در این تحقیق با مرور منابع مدل مناسب برای تخمین پارامترهای مدل درجه اول تولید متان در محل دفن توسعه داده شد و در مرحله بعد یک مدل برای تخمین اکسیداسیون متان در خاک‌پوششی محل دفن توسعه داده شد. همان‌طور که بیان شد دو پارامتر پتانسیل متان (Lo) و ضریب تجزیه (k) دو ورودی اصلی مدل درجه یک هستند، برآورد دقیق‌تر از هر کدام از این دو پارامتر منجر به افزایش دقت در خروجی مدل در برآورد میزان تولید و انتشار متان در محل دفن خواهد شد. برای این منظور در برآورد دقیق‌تر پتانسیل متان، میزان فرایندهای هوازی در محل دفن در برآوردها لحاظ خواهد شد و در برآورد ضریب تجزیه نیز داده‌های دو پارامتر اقلیمی منطقه مورد مطالعه شامل میانگین‌های بارندگی و دما لحاظ خواهد شد. برای آسانی کاربرد مدل نهایی، نرم‌افزار مدل، در محیط اکسل و در محیط دیداری (Visual Basic for Applications (VBA)) نوشته خواهد شد. بنابراین هدف این مطالعه ۱- برآورد دقیق‌تر از پارامترهای مدل درجه اول برای برآورد تولید متان در محل دفن ۲- توسعه محیط نرم‌افزاری با رابط کاربر تا حد امکان ساده به گونه‌ای که طیف وسیعی از کاربران بدون داشتن پیش‌زمینه بتوانند از آن استفاده نمایند به گونه‌ای که کاربر با دادن اطلاعات محیطی و مشخصات محل دفن بتواند خروجی خود را به‌دست آورد.

مواد و روش‌ها

_ چارچوب مدل

مدل Iranian Landfill Gas Model (ILGAM) بر پایه یک مدل موازنه کربن در محل دفن استوار است. بر این اساس میزان انتشار متان از محل دفن در هر زمان برابر است با میزان تولید متان در داخل سلول منهای میزان متانی که در خاک‌پوششی اکسید می‌شود و میزان متانی که از سلول جمع‌آوری شده است. معادله ۱ نشان دهنده موازنه جرم متان در محل دفن است. برای این منظور، میزان انتشار متان از محل دفن برابر با میزان تولید متان منهای مجموع متان جمع‌آوری شده از محل دفن و میزان متان اکسید شده در خاک‌پوشش است.

$$E= (G-R)\times(1-OX) \quad (۱)$$

در این معادله E نشان‌دهنده میزان انتشار متان (به‌عنوان مثال $g\ CH_4\ d^{-1}$)، G نشان‌دهنده میزان تولید متان در محل دفن، R میزان بازیافت متان از محل دفن و OX درصد اکسیداسیون متان در خاک‌پوششی است.

در مدل ایلگام برای محاسبه تولید متان (G) و اکسیداسیون متان (OX) زیرمدل توسعه داده شده است و برای بازیافت (R) متناسب با شرایط محل دفن یک ضریب لحاظ می‌کنند. در ادامه به این زیر مدل‌ها پرداخته می‌شود.

_ زیرمدل تولید متان (L_0)

معادله ۲ به عنوان معادله درجه اول تولید متان در محل دفن استفاده شد.

$$G = W_a L_o k e^{-kt} \quad (۲)$$

که در این معادله G نرخ تولید متان بر حسب $m^3/year$، W_a نرخ پذیرش سالیانه پسماند بر حسب $ton/year$، L_0 نشان دهنده حداکثر میزان متان قابل تولید از وزن مشخص پسماندتر بر حسب m^3/ton، k بیان کننده نرخ تجزیه پسماند (تولید متان) در سال و t نیز نشان دهنده زمان (سال) از موقع قرار گرفتن پسماند در محل دفن است. برای حل معادله ۲ نیاز به برآورد پارامتر میزان پتانسیل تولید متان به ازای هر تن

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

پسماند (L_0) و ضریب تجزیه (k) است که در ادامه به نحوه برآورد آنها در مدل ایلگام پرداخته شده است.

حداکثر تولید متان در محل دفن تابعی از ترکیب پسماند، نوع محل دفن (پارامترهایی مانند عمق پسماند در محل دفن در زمان برآورد گاز و نوع پوشش در نظر گرفته شده) است. در ایلگام از ساختار IPCC برای پارامترها به جز ضریب تصحیح متان (Methane Correction Factors (MCF)) استفاده شد. در واقع ضریب تصحیح متان تابعی از فعالیت‌های هوازی در محل دفن است. برای برآورد MCF از مقاله Rafiee و همکاران (۱۵) استفاده شد. در مدل‌های رایج برآورد متان در محل دفن، میزان تجزیه هوازی پسماند در محل دفن را صفر (MCF=1) در نظر می‌گیرند. این در حالی است که پسماند بعد از دفن در سلول‌های دفن مدت زیادی با خاک‌پوشش روزانه و موقت پوشانده می‌شود. در این مدت اکسیژن به داخل سلول نفوذ می‌کند و یک محیط نیمه هوازی ایجاد می‌کند. بنابراین تجزیه پسماند به صورت کامل بی‌هوازی انجام نمی‌شود. در این مدل ضرایب تصحیح متان لحاظ شد تا نشان دهنده بهتری از چرخه عمر تجزیه پسماند در محل دفن باشد. در واقع نوآوری مدل در این بخش برآورد بهتر از ضریب تصحیح متان(MCF) است.

برای برآورد Lo از معادلات ۳ تا ۵ استفاده شد:

$$l_o = 16/12 \times F \times DOC \times DOC_f \times MCF \qquad (۳)$$

$$DOC = 0.4(A)+0.17(B)+0.15(C)+0.3(D) \qquad (۴)$$

$$DOC_f = 0.014T+0.28 \qquad (۵)$$

که در این معادلات Lo حداکثر میزان متان قابل تولید از وزن مشخص پسماندتر است، F نشان دهنده درصد متان در بیوگاز تولیدی (پیش فرض ۰/۵)، DOC نشان دهنده میزان کربن قابل تجزیه به متان در محل دفن است. این پارامتر بسته به ترکیب پسماند دارد و همان‌طور که در معادله ۴ نشان داده شده تابعی از درصد کاغذ و منسوجات (A)، درصد پسماندهای فسادپذیر گیاهی (به جز مواد غذایی) مانند هرس گیاهان (B)، درصد مواد غذایی در پسماند (C) و همچنین درصد میزان چوب و کاه (D) در پسماند ورودی به محل دفن است. DOCf نیز نشان دهنده بخشی از پسماند قابل تجزیه (DOC) است که توسط میکروارگانیسم‌ها به بیوگاز قابل تبدیل است. این پارامتر از مدل همان‌طور که در معادله ۵ نشان داده شده است، تابعی از درجه حرارت محل دفن (T) بر حسب درجه سانتی‌گراد است.MCF نیز نشان دهنده ضریب اصلاح متان است که این ضریب نشان دهنده نوع محل دفن و عمق پسماند در آن است. این پارامتر با توجه به نوع محل دفن بین ۰ تا ۱ مدل شد (۱۵).

پارامترهای معادلات ۳ تا ۵ با استفاده از جدیدترین مقالات منتشر شده به‌روز رسانی شدند و در نرم افزار قرار داده شدند (۱۶، ۱۷) و یا از طریق بهینه‌سازی با استفاده از گزارش‌های منتشر شده از مقالات مختلف در کشورهای دیگر به‌دست آمد (۱۰، ۱۸-۲۰). همان‌طور که در شکل۱ ارائه شده است برای تخمین پتانسیل متان پسماند در نرم‌افزار مدل؛ کاربر ویژگی‌های سلول محل دفن، ترکیب پسماند و میزان پتانسیل تولید متان پسماند را به نرم‌افزار وارد می‌کند. از طرف دیگر، چنانچه پتانسیل میزان تولید متان پسماند در محل دفن در آزمایشگاه به دقت تعیین شده باشد، کاربر می‌تواند عدد دقیق به دست آمده در آزمایشگاه را در مدل‌سازی استفاده کند (شکل ۱).

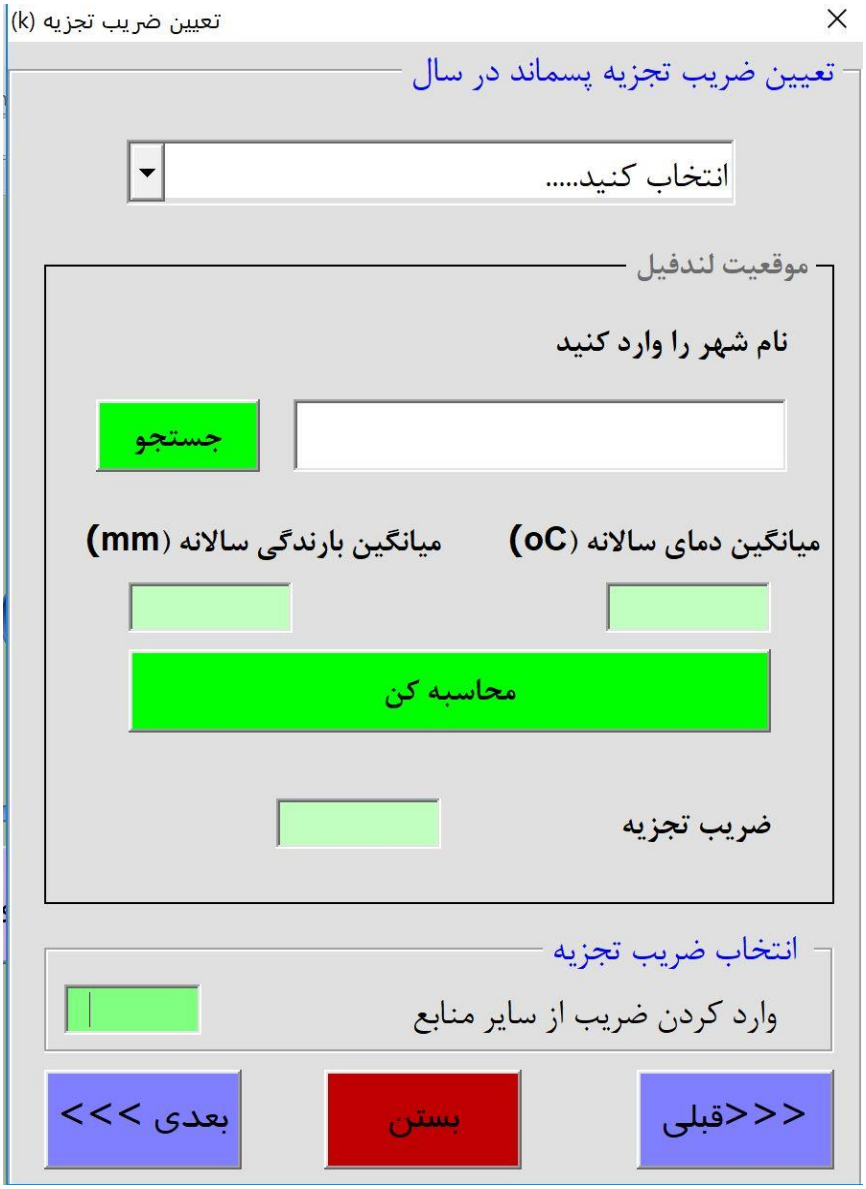
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

شکل ۱- صفحه تعیین پتانسیل تولید گاز متان (L_0)

ضریب تجزیه تابعی از اقلیم منطقه (بارندگی و میانگین دما) است. بیش از چهل مقاله که در آن میزان بهینه پارامتر تجزیه در محل‌های دفن مختلف بررسی شد. برای تمام این مطالعات، ضریب بهینه تجزیه، میزان میانگین بارندگی سالانه و نیز دمای میانگین سالانه استخراج شد. درنهایت یک مدل رگرسیون چندگانه بین بارندگی و دما به‌دست آمد و در نرم‌افزار مدل نیز قرار داده شد (۱۹، ۲۱-۲۴).

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است؛ برای تعیین ضریب تجزیه پسماند در مدل ایلگام؛ دو مسیر پیش روی کاربر وجود دارد. در مسیر اول کاربر برآورد دقیقی از ضریب تجزیه در محل دفن ندارد. بنابراین می‌تواند با استفاده از داده‌های میانگین بارندگی و دمای سالانه، ضریب تجزیه را تخمین بزند. چنانچه در محل دفن مورد مطالعه میزان دقیق ضریب تجزیه تعیین شده باشد، کاربر می‌تواند این مسیر را انتخاب کند و عدد دقیق برای استفاده در مدل‌سازی تولید متان را به نرم‌افزار مدل وارد نماید.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]



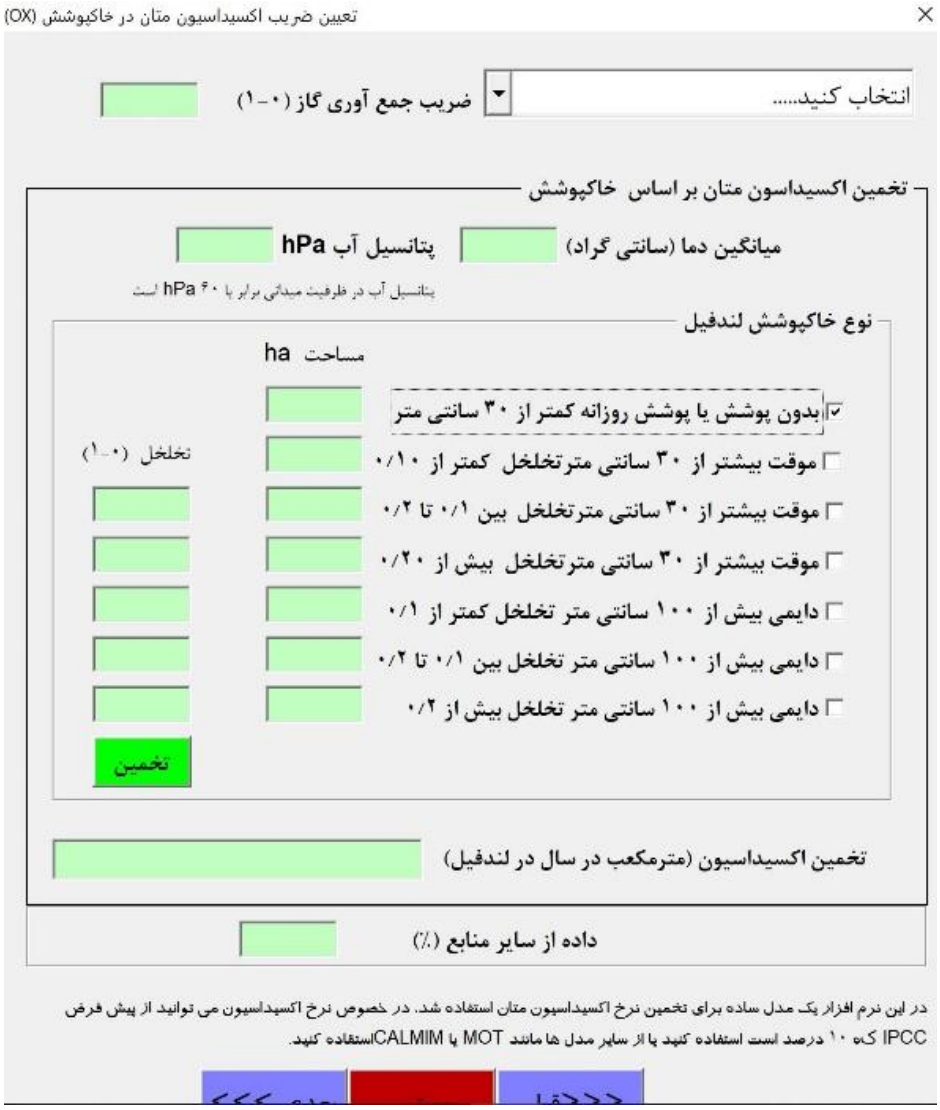
شکل ۲- صفحه تعیین ضریب تجزیه (k) براساس میانگین‌های سالیانه بارندگی و دما

ـ زیرمدل تخمین اکسیداسیون (OX)

متان بعد از این در بخش بی‌هوازی سلول دفن تولید شد و در اثر اختلاف فشار به سمت بیرون حرکت می‌کند. در لایه بالایی خاک‌پوششی به دلیل وجود باکتری‌های متانوتروف و نیز نفوذ اکسیژن، بخشی از این متان اکسید می‌شود و به دی اکسیدکربن تجزیه می‌شود. براساس دستورالعملIPCC میزان اکسیداسیون در خاک‌پوشش محل دفن را حداکثر ۱۰ درصد کل تولید متان در بخش بی‌هوازی در نظر می‌گیرند. این عدد در بسیاری از مطالعات مورد نقد قرار گرفته است (۲۵). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اکسیداسیون متان می‌تواند بین ۱۰ تا ۳۶ درصد متفاوت باشد. در این بخش از مدل ایلگام، مدل Methane Oxidation Tool (MOT)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

قرار داده شد. این مدل به صورت رایگان و نیز با تمام معادلات آن در منابع وجود دارد (۲۵). در زیرمدل اکسیداسیون؛ میزان اکسیداسیون متان تابعی از نوع خاک‌پوشش، دمای محیط و رطوبت میانگین خاک‌پوشش برآورد می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در زیرمدل اکسیداسیون کاربر مشخص می‌کند که چه نوع خاک‌پوشش‌هایی در محل دفن وجود دارد و مساحت هر کدام چقدر است. همچنین میانگین دما و نیز پتانسیل آب خاک‌پوشش را وارد می‌کند. میزان بازیافت متان از محل دفن (چنانچه سیستم جمع‌آوری گاز در محل دفن اسقرار داشت) نیز در همین زیر بخش وارد می‌شود. مدل میزان کل اکسیداسیون متان در خاک‌پوششی را برآورد می‌کند. همان‌طور که در بخش‌های قبلی مشاهده شد، در مدل ایلگام این امکان وجود دارد که داده‌های اندازه‌گیری شده در محل را به جای تخمین پارامترها وارد کنید. در اینجا نیز چنانچه میزان اکسیداسیون متان در محل دفن اندازه‌گیری شده باشد، کاربر می‌تواند عدد دقیق را وارد نماید.



شکل ۳- صفحه تعیین ضریب اکسیداسیون متان در خاک‌پوششی براساس نوع خاک‌پوشش و مقدار تخلخل آن

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

_ *اندازه‌گیری میدانی میزان انتشار در محل دفن*

در این مطالعه، محل دفن حلقه‌دره کرج برای آزمون خروجی‌های مدل انتخاب شد. در سطح محل دفن میزان انتشار متان با استفاده از روش محفظه ایستا (Static Chamber) در ۸۵ نقطه طی دو فصل تابستان و زمستان اندازه‌گیری شد. میزان اندازه‌گیری انتشار متان در سطح محل دفن برابر با پارامتر E در معادله ۱ است. از آنجایی‌که در محل دفن کرج سامانه جمع‌آوری گاز وجود ندارد، پارامتر R در معادله ۱ برابر با صفر است.

در روش جعبه‌ایستا میزان انتشار متان یا دی اکسیدکربن از سطح محل دفن با استفاده از یک محفظه بسته از جنس پلاستیک یا فلز که بر روی سطح محل دفن قرار داده می‌شود به دست می‌آید سپس اطراف دیواره‌ها با استفاده از گل به خوبی درزگیری می‌شود. متان که از محل دفن منتشر می‌شود در این جعبه در طول زمان تجمع پیدا می‌کند. با استفاده از اندازه‌گیری نرخ تجمع متان در طول یک بازه زمانی، به عنوان مثال ۱۵ دقیقه، می‌توان نرخ انتشار متان از سطح محل دفن در محل نمونه‌برداری را بر حسب $g/m^2.day$ با استفاده از معادله ۶ به‌دست آورد.

$$F = \frac{V}{A}\left(\frac{dC}{dt}\right) \qquad (۶)$$

که F نشان‌دهنده نرخ انتشار بر حسب $(g/m^2.day)$، V حجم جعبه مورد استفاده (m^3)، A سطحی که توسط جعبه پوشانده شده است در واحد m^2 و dC/dt نیز نشان‌دهنده تغییرات غلظت در واحد زمان است.

_ *اندازه‌گیری اکسیداسیون متان در خاک‌پوششی محل دفن*

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری اکسیداسیون متان در محل دفن پیشنهاد شده است (۲۶). در این مطالعه میزان اکسیداسیون متان از روش تغییر در نسبت غلظت متان به دی اکسیدکربن به‌دست آمد. این روش بر پایه موازنه جرم استوار است. فرض اساسی در این روش بر این است که چنانچه اکسیداسیون در خاک‌پوشش رخ ندهد، نسبت غلظت متان به دی اکسید کربن در عمق محل دفن (بخش کاملا بی‌هوازی) و نیز سطح محل دفن یکسان است. با اکسیداسیون متان و تبدیل آن به دی اکسیدکربن، متناسب با میزان اکسیداسیون این نسبت از عمق تا سطح محل دفن تغییر می‌کند. معادله ۷ و ۸ برآورد میزان اکسیداسیون را با این روش نشان می‌دهد. در محل دفن کرج نمونه گاز از عمق ۲ متری استخراج شد و میزان متان و دی اکسیدکربن آن مشخص شد. در سطح محل دفن نسبت متان به دی اکسیدکربن در نقاط مختلف تعیین شد و میزان اکسیداسیون متان در خاک‌پوشش محاسبه شد.

$$\frac{CO_{2,i}}{CH_{4,i}} = \frac{CO_{2,LFG} + x}{CH_{4,LFG} - x} \qquad (۷)$$

$$Eff_{ox} = \frac{x}{CH_{4,LFG}} \qquad (۸)$$

در این معادله $CO_{2,i}$ و $CH_{4,i}$ غلظت متان و دی اکسیدکربن در عمق i (به درصد حجمی)، x سهم اکسیداسیون در تغییر غلظت گاز (به درصد)، LFG، CH_4، LFG، CO_2 نیز غلظت متان و دی اکسیدکربن در سطح محل دفن است. Eff_{ox} نیز نشان‌دهنده درصد اکسیداسیون متان است.

_ *کاربرد مدل در محل دفن کرج*

ترکیب و میزان تولید پسماند و نیز تاریخچه دفن در محل دفن کرج از داده‌های طرح جامع پسماند استخراج شد. براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از طرح مدیریت پسماند کرج با وارد نمودن آن در مدل ایلگام ضریب Lo برای محل دفن حلقه‌دره محاسبه شد. این ضریب با توجه به نوع و

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

ترکیب پسماند شهر از قبیل درصدهای کاغذ و منسوجات، مواد آلی به جز مواد غذایی، کاه و کلش، نوع محل دفن، دمای میانگین داخل محل دفن برحسب سانتی‌گراد و درصد متان در بیوگاز (پیش فرض ۵۰ درصد) به‌دست آمد.

برای محاسبه اکسیداسیون متان در محل دفن حلقه‌دره با استفاده از مدل ایلگام، مساحت بخش‌های مختلف محل دفن (شامل سلول‌های بسته شده، سلول‌های با پوشش موقت و سلول‌های با پوشش روزانه) در محیط Geographic Information System (GIS) به‌دست آمد. نوع خاک‌پوشش (بافت) برای هر بخش در آزمایشگاه مشخص شد.

در کنار مدل ایلگام، میزان انتشار متان از محل دفن حلقه‌دره با استفاده از مدل‌های رایج و پرکاربرد مانند LandGem و IPCC نیز محاسبه شد. همچنین به تازگی مدلی به نام CLEEN برای تخمین انتشار متان از محل دفن توسعه داده شده است (۲۳). این مدل نیز با استفاده از داده‌های حلقه‌دره اجرا شد.

یافته‌ها

با استفاده از داده‌های اقلیمی کرج شامل میانگین‌های دما و بارندگی و همچنین استفاده از داده‌های طرح جامع پسماند کرج شامل میزان، نوع و ترکیب پسماند مدل ایلگام اجرا شد. ضریب Lo برابر با ۸۷/۹ m^3CH_4/ton، ضریب k به مقدار ۰/۰۳۵ $m^3/year$ برای مدل ایلگام به دست آمد. میزان کل تولید متان در محل دفن برابر با ۳۱ میلیون تن متان در سال ۱۳۹۸ به‌دست آمد. همچنین میزان اکسیداسیون متان با استفاده از مدل ایلگام در سطح کل محل دفن در سال ۱۳۹۸ برابر با ۸/۷۴ میلیون متر مکعب در سال برآورد شد. با توجه به این که کل تولید در این سال برابر با حدود ۳۱ میلیون مترمکعب برآورد گردید درصد اکسیداسیون حدود ۲۸ درصد برآورد شد. میزان انتشار و تولید متان در محل دفن با استفاده از روش IPCC، LandGem وCLEEN با استفاده از داده‌های طرح جامع محاسبه شد. نمودار ۱ تا ۴ میزان انتشار و تولید متان در محل دفن با استفاده از هر کدام از این مدل‌ها را نشان می‌دهد.

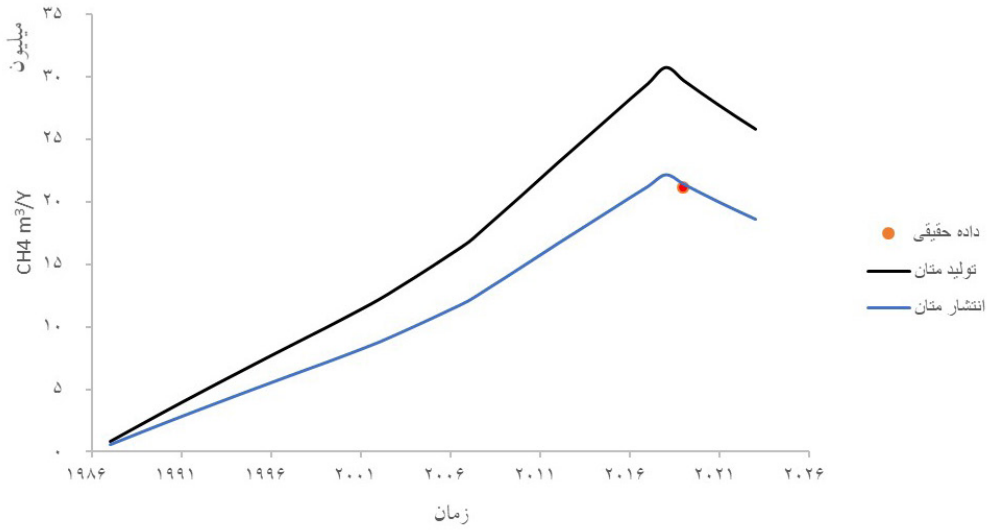
با استفاده از روش محفظه ایستا در ۸۵ نقطه میزان انتشار متان از سطح محل دفن محاسبه شد. میانگین انتشار با استفاده از روش کریجینگ برای کل محل دفن محاسبه شد. میزان انتشار متان از سطح محل دفن کرج به میزان ۲۸۳/۹۶ $g/m^2.day$ به‌دست آمد. میزان اکسیداسیون به‌طور مستقیم در سطح محل دفن برابر با ۲۵ درصد اندازه‌گیری شد. پیش‌فرض مدل‌های رایج برای میزان پتانسیل متان (L_0)، ضریب تجزیه (k) و ضریب اکسیداسیون (ox) در جدول ۱ ارائه شده است. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که دو مدل ایلگام و IPCC اعداد بسیار نزدیکی برای پارامترهای مدل درجه یک ارائه کرده‌اند. مدل LandGem اعداد بزرگتری برای دو پارامتر استفاده کرده است در حالی‌که مدلCLEEN میزان پتانسیل متان را کم ولی پارامتر ضریب تجزیه را بسیار بالاتر برآورد کرد. از آنجایی‌که داده‌های واقعی انتشار تنها برای سال ۱۳۹۸ در دسترس بود میزان برآورد متان در سال ۱۳۹۸ با استفاده از تمامی مدل‌های مورد استفاده در این مطالعه به‌دست آمد.

نتایج شبیه‌سازی با مدل ایلگام در مقایسه با داده‌های حقیقی نشان داد مدل ایلگام با خطای ۵/۸ درصد میزان انتشار متان را می‌تواند برآورد نماید. که نتایج شبیه‌سازی برای مدل‌های LandGEM-Inventory، IPCC و CLEEN هر کدام به ترتیب دارای خطای ۷۴/۴ درصد، ۴۰/۲ درصد، ۲۷/۱ درصد نسبت به انتشار متان اندازه‌گیری شده در این مطالعه بود. درنمودار ۱ نتیجه ارزیابی مدل ایلگام با داده‌های میدانی و در نمودارهای ۱ تا ۴ نتایج مدل‌های LandGEM-Inventory، IPCC و CLEEN با داده‌های حقیقی نشان داده شده است.

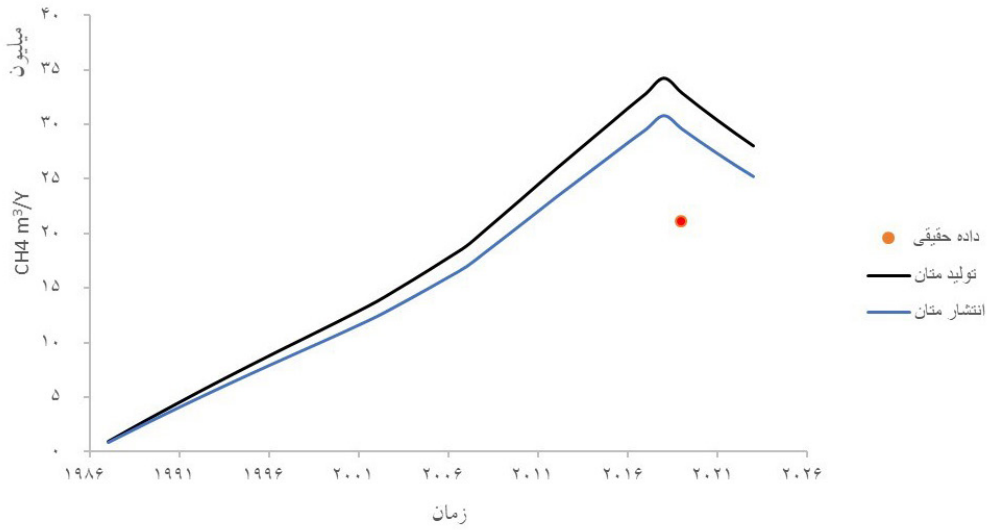
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

جدول ۱- مقایسه ضرایب L_o، k و OX ایلگام با مدل‌های رایج جهانی

پارامترها	K	OX	L_o
ILGAM	۰/۰۳۵	۰/۲۸	۸۷/۹
Land-GEM	۰/۰۵	۰/۱	۱۰۰
IPCC	۰/۰٤	۰/۱	۹۰
CLEEN	۰/۱۳۲۹	۰/۱	٥٦/۹

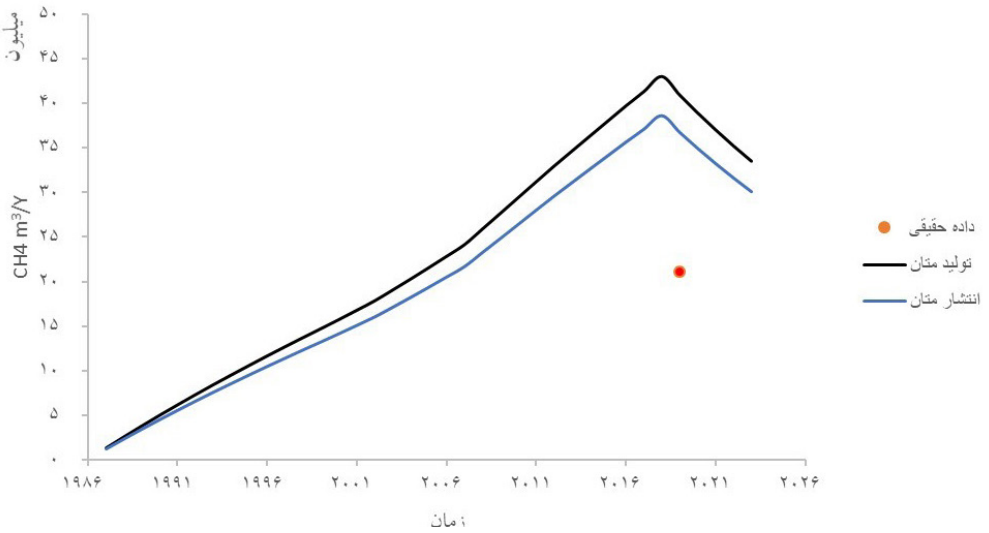


نمودار ۱- نتیجه ارزیابی مدل ایلگام با داده‌های به‌دست آمده از محل دفن شهر کرج

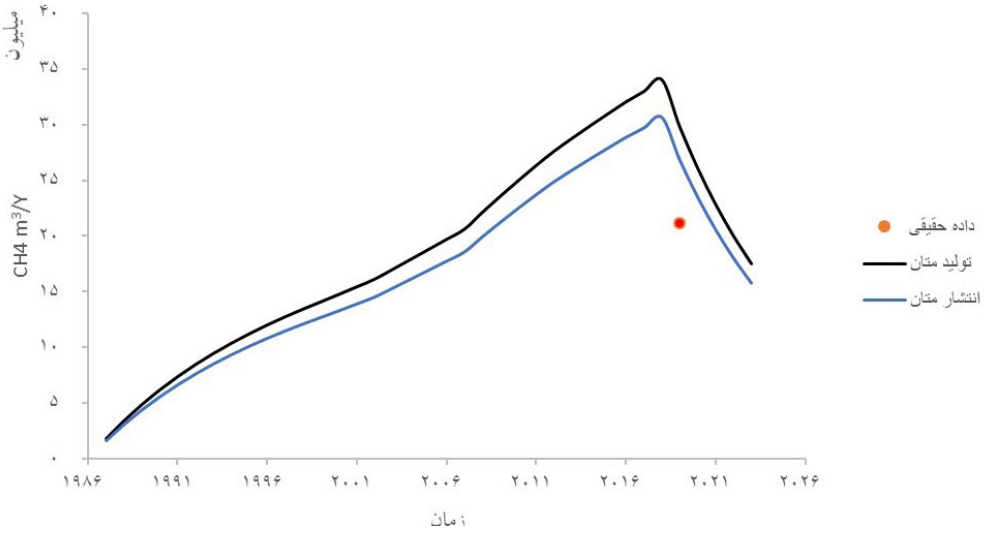


نمودار ۲- نتیجه ارزیابی مدل IPCC با داده‌های محل دفن شهر کرج

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]



نمودار ۳- نتیجه ارزیابی مدل LandGEM-Inventory با داده‌های محل دفن شهر کرج



نمودار ۴- نتیجه ارزیابی مدل CLEEN با داده‌های محل دفن شهر کرج

بحث

مدل‌های مختلفی در جهان با هدف پیش‌بینی تولید و میزان انتشار متان ایجاد شده است. اما رایج‌ترین مدل‌ها بر پایه معادله درجه یک استوار هستند. در این مطالعه نیز یک مدل بر پایه مدل درجه یک توسعه داده شد و در آن پارامترهای مدل با استفاده از جدیدترین داده‌ها موجود در منابع مدل‌سازی شد. اساسا در مدل‌های موجود، تجزیه پسماند آلی در سلول‌های دفن را به صورت کاملا بی‌هوازی لحاظ می‌کنند و میزان تجزیه هوازی پسماند آلی در سلول دفن را ناچیز در نظر می‌گیرند. این در حالی است که پسماند در محل دفن به

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

مدت قابل توجهی تنها با یک لایه نازک خاک پوشانده شده است. مطالعات اخیر نشان داده است که تجزیه هوازی نقش مهمی در چرخه زندگی تجزیه پسماند در محل‌های دفن دارد (۲۷).

فعالیت‌های هوازی در مدل IPCC لحاظ شده است. این مدل ضریب تصحیح متان را برای تاثیر فرایندهای هوازی در لندفیل توسعه داده است. با این وجود در مدل ایلگام سعی شد که با استفاده از نتایج Rafiee و همکاران (۱۵، ۲۸) برآورد دقیق‌تری از ضریب تصحیح ارائه شد. به این ترتیب نتایج برآورد مدل IPCC و ایلگام بسیار به هم نزدیک هستند. با این وجود مدل ایلگام تاثیر بیشتری برای میزان فرایندهای هوازی لحاظ می‌کند. مدل LanGem فعالیت‌های هوازی در محل دفن را برابر با صفر لحاظ می‌کند. ملاحظه می‌شود که این مدل اساسا منجر به نتایج بسیار بالاتری برای انتشار متان در محل دفن می‌شود. مطالعات مختلف برای بهینه‌سازی این مدل در دنیا انجام شده است و تمام این نتایج نشان داده است که پارامتر پتانسیل متان پیش‌فرض در این مدل از میزان واقعی بسیار بیشتر است. به عنوان مثال Amini و همکاران (۲۹) پارامترهای این مدل را برای پنج محل دفن در آمریکا با استفاده از داده‌های انتشار واقعی بهینه سازی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد، در حالی‌که پیش‌فرض مدل برابر با ۱۰۰ m^3/ton است، میزان واقعی آن در محل‌های دفن مورد بررسی بین ۵۶ تا ۷۷ m^3/ton است. این نشان می‌دهد که تاثیر دادن فرایندهای هوازی در مدل، منجر به تخمین عددی نزدیک‌تر به واقعیت برای پارامتر میزان پتانسیل متان در محل دفن می‌شود. در محل‌های دفن ایران به دلیل عدم قرارگیری خاک‌پوشش مناسب؛ لحاظ کردن فرایندهای هوازی از اهمیت بیشتری برخوردار است و بنابراین کاربرد مدل LandGem منجر به تخمین بیش از اندازه واقعیت متان در محل‌های دفن ایران خواهد شد.

ضریب تجزیه پسماند در محل دفن در مدل ایلگام با استفاده از نتایج ضریب بهینه شده در حدود چهل محل دفن در دنیا به دست آمد. این ضرایب با استفاده از داده‌های واقعی انتشار از محل دفن بهینه‌سازی شده بودند. در تمام مدل‌ها به جز مدل CLEEN ضرایب تجزیه برای محل دفن کرج بسیار نزدیک به هم به دست آمدند. در مدل CLEEN عدد بسیار بزرگی به دست آمد. این نشان می‌دهد که مدل CLEEN چنین برآورد کرده است که بخش بزرگی از پسماند در محل دفن کرج در سال‌های اولیه تولید خواهد شد و میزان انتشار از سلول‌های قدیمی بسیار ناچیز خواهد بود. با توجه به این‌که در میزان انتشار در محل دفن حلقه‌دره روی تمام سلول‌ها انجام شد، میزان انتشار از سلول‌های قدیمی نیز هنوز زیاد بود. بنابراین چنین تخمینی برای ضریب تجزیه برای محل دفن کرج نمی‌تواند نزدیک به واقعیت باشد.

در مدل ایلگام مقدار اکسیداسیون متان برآوردی به مقدار ۲۸ درصد بود در حالی‌که مقدار واقعی میزان اکسیداسیون متان در سطح محل دفن کرج ۲۵ درصد به دست آمد. مدل ایلگام نزدیک‌ترین تخمین برای میزان اکسیداسیون متان در سطح محل دفن حلقه دره را برآورد کرد. این تخمین در محدوده توصیه شده توسط Chanton و همکاران بود (۲۵). در بقیه مدل‌ها نیز پیش فرض IPCC که برابر با ۱۰ درصد است لحاظ شد. نتایج این تحقیق بار دیگر نشان داد که لحاظ ۱۰ درصد برای اکسیداسیون متان در محل دفن نمی‌تواند برآورد دقیقی ارائه کند و نیاز است که مدل دقیق‌تری برای تخمین اکسیداسیون متان در خاک‌پوشش توسعه داده شود.

از محدودیت‌های اساسی در اجرا کردن مدل‌های برآورد میزان تولید و انتشار متان از محل دفن عدم دسترسی به داده‌های دقیق پسماند دفن شده در محل دفن است. نیاز است که محل‌های دفن در ایران ملزم به اخذ گواهینامه مدیریت زیست محیطی شوند. به عنوان بخشی از الزامات گواهینامه‌ها، علاوه بر نظارت‌های زیست‌محیطی، بهره‌بردار باید اساسا میزان دفن شده پسماند در هر محل دفن را به طور دقیق با استفاده از باسکول‌های ورودی اندازه‌گیری کند و داده‌های آن را ثبت نماید. همچنین نیاز است که ممیزی‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

سالانه برای تعیین ترکیب پسماند در ورودی محل دفن به اجرا در بیاید و داده‌های آن ثبت شود. تهیه نقشه راه محل دفن و نیز ثبت داده‌ها از الزامات مدیریت هر محل دفن است که متاسفانه در بسیاری از محل‌های دفن ایران مورد توجه قرار نمی‌گیرد. با توجه به این که مدل ایلگام تنها با داده‌های به دست آمده از محل دفن پسماند کرج مقایسه شد، نیاز است که مدل در محل‌های دفن دیگر نقاط مختلف کشور با اقلیم‌های متفاوت اجرا شود.

نتیجه‌گیری

در بسیاری از کشورهای پیشرفته مدل‌های بسیاری برای پیش‌بینی تولید و انتشار متان توسعه یافته‌اند که این مدل‌ها متناسب برای آن کشورها هستند اگر چه در ایران هم قابل استفاده بوده اما با خطای بسیاری همراه هستند، لذا توسعه یک مدل بومی به خوبی احساس می‌شود.

نتایج نشان داد که برآورد مدل ایلگام در انتشار گاز متان نسبت مدل‌های خارجی از خطای خیلی کمتری برخوردار است که این موضوع باعث می‌شود محققین و کارشناسان بتوانند با ضریب اطمینان بالاتری از این مدل برای برآورد انتشار گاز متان از محل‌های دفن داخلی استفاده کنند.

با توجه به این که مدل ایلگام در محیط (VBA) نرم افزار Excel طراحی شده کاربری آن برای استفاده کننده بسیار آسان بوده و در مدت زمان کوتاهی قادر به شبیه سازی تولید و انتشار گاز متان از محل دفن مورد نظر خواهد بود. از مزیت‌های مهم این مدل نسبت به مدل‌های خارجی فارسی بودن آن است که این موضوع خود برای کاربران داخلی باعث سهولت انجام کار می‌شود. از مزیت‌های مهم دیگر این مدل این است کلیه شهرهای ایران به همراه میانگین دما و بارندگی وارد مدل شده و کاربر را از تهیه اطلاعات اقلیمی بی‌نیاز می‌نماید و مدل این قابلیت را دارد اگر داده‌های اقلیمی دقیق‌تر و به روزتری وجود داشته باشد به صورت دستی در مدل وارد نماید.

با توجه به این که مدل ایلگام تنها با داده‌های به دست آمده از محل دفن پسماند کرج مقایسه شد، پیشنهاد می‌شود که مدل در محل‌های دفن دیگر نقاط مختلف کشور با اقلیم‌های متفاوت اجرا شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایان‌نامه با عنوان "مدل‌سازی تولید و انتشار گاز متان از لندفیل لندفیل شهر کرج" در مقطع دکترا در سال ۱۴۰۱ که با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری) و دانشگاه تهران اجرا شده است.

References

1. Ghaffariraad M, Ghanbarzadeh Lak M. Modeling the effects of hydrological characteristics and design of municipal waste landfill on the leachate rate: a case study of Urmia city. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(2):263-82. (in Persian)
2. Mollaei A, Rafie R, Moeinaddini M, Khazaei SH. Modeling of leachate generation in Karaj landfill using HELP model. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(2):319-34. (in Persian)
3. Hasanvand M, Nabizadeh NR, Heydari M. Municipal solid waste analysis in Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2008;1(1):9-18. (in Persian)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

4. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives. Applied Microbiology and Biotechnology. 2010;85(4):849-60.
5. Amini HR, Reinhart DR, Niskanen A. Comparison of first-order-decay modeled and actual field measured municipal solid waste landfill methane data. Waste Management. 2013;33(12):2720-8.
6. Kristanto GA, Koven W. Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. City and Environment Interactions. 2019;4:100027.
7. Hammed TB, Wandiga SO, Mulugetta Y, Sridhar MKC. Improving knowledge and practices of mitigating greenhouse gas emission through waste recycling in a community, Ibadan, Nigeria. Waste Management. 2018;81:22-32.
8. Thompson S, Sawyer J, Bonam R, Valdivia JE. Building a better methane generation model: Validating models with methane recovery rates from 35 Canadian landfills. Waste Management. 2009;29(7):2085-91.
9. Mohsen RA, Abbassi B. Prediction of greenhouse gas emissions from Ontario's solid waste landfills using fuzzy logic based model. Waste Management. 2020;102:743-50.
10. Krause MJ, Chickering GW, Townsend TG. Translating landfill methane generation parameters among first-order decay models. J Air Waste Manag Assoc. 2016;66(11):1084-97.
11. Aguilar-Virgen Q, Taboada-González P, Ojeda-Benítez S. Analysis of the feasibility of the recovery of landfill gas: a case study of Mexico. Journal of Cleaner Production. 2014;79 (Supplement C):53-60.
12. Chiemchaisri C, Chiemchaisri W, Kumar S, Hettiaratchi JPA. Solid waste characteristics and their relationship to gas production in tropical landfill. Environmental Monitoring and Assessment. 2007;135(1):41-8.
13. Johari A, Ahmed SI, Hashim H, Alkali H, Ramli M. Economic and environmental benefits of landfill gas from municipal solid waste in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012;16(5):2907-12.
14. Amini HR, Reinhart DR, Mackie KR. Determination of first-order landfill gas modeling parameters and uncertainties. Waste Management. 2012;32(2):305-16.
15. Rafiee R, Obersky L, Xie S, Clarke WP. A mass balance model to estimate the rate of composting, methane oxidation and anaerobic digestion in soil covers and shallow waste layers. Waste Management. 2017;63:196-202.
16. Atabi F, Ehyaei MA, Ahmadi MH, editors. Calculation of CH4 and CO2 Emission Rate in Kahrizak Landfill Site with Land GEM Mathematical Model. Proceedings of the 4th world Conference on World Sustainability Forum; 2014 November 1-30; Basel, Switzerland. Basel: MDPI Books; 2014. p. 1-17.
17. Purmessur B, Surroop D. Power generation using landfill gas generated from new cell at the existing landfill site. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2019.
18. BÖRjesson G, Samuelsson J, Chanton J, Adolfsson R, Galle BO, Svensson BH. A national landfill methane budget for Sweden based on field measurements, and an evaluation of IPCC models. Tellus B. 2009;61(2):424-35.
19. Wang X, Nagpure AS, DeCarolis JF, Barlaz MA. Using observed data to improve estimated methane

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

collection from select U.S. landfills. Environmental Science & Technology. 2013;47(7):3251-7.

20. Wangyao K, Towprayoon S, Chiemchaisri C, Gheewala SH, Nopharatana A. Application of the IPCC Waste Model to solid waste disposal sites in tropical countries: case study of Thailand. Environmental Monitoring and Assessment. 2010;164(1-4):249-61.

21. Anh LH, Thanh Truc NT, Tuyen NTK, Bang HQ, Son NP, Schneider P, et al. Site-specific determination of methane generation potential and estimation of landfill gas emissions from municipal solid waste landfill: a case study in Nam Binh Duong, Vietnam. Biomass Conversion and Biorefinery. 2022;12(8):3491-502.

22. Gendebien A, Pauwels M, Constant M, Ledrut-Damanet MJ, Nyns EJ, Fabry R, et al. Landfill gas from environment to energy. Commission of the European Communities (CEC); 1992. Contract No.: EUR--14017/1.

23. Karanjekar RV, Bhatt A, Altouqui S, Jangikhatoonabad N, Durai V, Sattler ML, et al. Estimating methane emissions from landfills based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: The CLEEN model. Waste Management. 2015;46:389-98.

24. Sun W, Wang X, DeCarolis JF, Barlaz MA. Evaluation of optimal model parameters for prediction of methane generation from selected U.S. landfills. Waste Management. 2019;91:120-7.

25. Chanton JP, Powelson DK, Green RB. Methane oxidation in landfill cover soils, is a 10% default value reasonable? Journal of environmental quality. 2009;38(2):654-63.

26. Oonk H. Literature review: methane from landfills. Oonkay, The Netherlands. Available at http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/S2014/SHWPCE/Papers/SW-Landfill-Disposal/Oonk2010-FinalReport-LandfillMethane-Review.pdf; 2010.

27. Obersky L, Rafiee R, Cabral AR, Golding SD, Clarke WP. Methodology to determine the extent of anaerobic digestion, composting and CH4 oxidation in a landfill environment. Waste Management. 2018;76:364-73.

28. Rafiee R, Obersky L, Xie S, Clarke WP. Pilot scale evaluation of a model to distinguish the rates of simultaneous anaerobic digestion, composting and methane oxidation in static waste beds. Waste Management. 2018;71:156-63.

29. Amini HR, Reinhart DR, Mackie KR. Determination of first-order landfill gas modeling parameters and uncertainties. Waste Management. 2012;32(2):305-16.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Development of ILGAM model to predict generation and methane emission from landfill

Sayyed Hossein Khazaei[1,2], Mazaher Moeinaddini[1,*], Reza Rafiee[1], Nematollah Khorasani[1], Melanie L. Sattler[2]

1- Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, the University of Texas, Arlington, USA

ARTICLE INFORMATION:

Received: 17 October 2022
Revised: 22 November 2022
Accepted: 27 November 2022
Published: 20 December 2022

Keywords: Landfill, Methane emission, Modeling, ILGAM

***Corresponding Author:**
moeinaddini@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Various models have been developed to predict methane generation and emissions from landfills. Due to their simplicity, the minimum number of required data, and the accuracy of the outputs, First-order decay are the most common models to predict methane generation in landfill,. Three important parameters in modeling landfill gas generation using a first-order model are the total weight of waste buried in the landfill, the methane generation potential, and the methane generation rate constant. The purpose of this research was to accurately estimate the parameters of the first-order model and to optimize it for estimating methane generation in the landfill and also to develop the ILGAM software.

Materials and Methods: ILGAM model consists of two submodels: 1) the gas generation sub-model and 2) the methane oxidation sub-model. The methane oxidation sub-model is based on the MOT model. The gas generation sub-model is based on a first-order equation with an emphasis on the contribution of the aerobic process in the estimation of the ultimate methane potential of waste. The parameters of the equation were modeled using the latest available results in the literature. To evaluate the model, the actual methane emission and methane oxidation were measured in the Karaj landfill. The results of the model, along with a few common models, were compared with actual data obtained from the Karaj landfill.

Results: The ILGAM model predicted the gas emission from the Karaj landfill with an error of 5.8%. In contrast, LandGem, IPCC and CLEEN models predicted the methane gas emission from the Karaj landfill with an error of 74.4%, 40.2%, and 27.1%, respectively.

Conclusion: When compared to other models, the ILGAM model estimated the closest values to actual measurements for methane emission and methane oxidation in the Karaj landfill. Owing to its user-friend Graphical User Interface (GUI), the model can be easily executed in a wide range of landfills by entering a few easy-to-measure data in the field.

Please cite this article as: Khazaei SH, Moeinaddini M, Rafiee R, Khorasani N, L. Sattler M. Development of ILGAM model to predict generation and methane emission from landfill. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(3):477-92.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.6.9]