

CLIMED: КЛІМАТИЧНІ ДАНІ ТА ІНСТРУМЕНТИ

Підкатегорія. Програмний комплекс ENVI-met

Про ресурс

Цей ресурс є частиною розділу «Кліматичні дані та інструменти» науково-освітньої платформи ClimEd. Він призначений для студентів, аспірантів, викладачів, дослідників, архітекторів, містобудівників, ландшафтних архітекторів, екологів, фахівців у сфері охорони здоров'я, міського господарства та інших кліматозалежних секторів, які досліджують міський мікроклімат і розробляють рішення для адаптації населених пунктів до зміни клімату.

Матеріал містить структурований опис програмного комплексу ENVI-met, його призначення, основних модулів, вихідних і результативних даних, типового робочого процесу, сфер застосування, переваг, обмежень і рекомендацій щодо практичного використання. Ресурс може застосовуватися під час реалізації курсів ClimEd, виконання практичних і лабораторних робіт, підготовки кваліфікаційних і наукових досліджень, оцінювання теплового комфорту, міського перегріву, якості повітря та ефективності заходів кліматичної адаптації.

Ключова характеристика

ENVI-met — це тривимірна система високодеталізованого мікрокліматичного моделювання, яка відтворює взаємодію атмосфери, будівель, поверхонь, ґрунту, рослинності та людей у міському середовищі.

Підкатегорії для ресурсу «Програмний комплекс ENVI-met»

1. Загальна характеристика ENVI-met
2. Основні компоненти та модулі програмного комплексу
3. Вхідні дані для моделювання
4. Типовий робочий процес
5. Основні результати моделювання
6. Сфери практичного застосування
7. Переваги та обмеження
8. Рекомендації щодо використання в навчанні та дослідженнях
9. Технічні вимоги, ліцензування та інтеграція
10. Офіційні ресурси ENVI-met

1. Загальна характеристика ENVI-met

ENVI-met — це тривимірний чисельний програмний комплекс для моделювання міського мікроклімату. Він призначений для аналізу взаємодії між повітряними потоками, тепловими процесами, сонячною радіацією, будівлями, покриттями, ґрунтом, рослинністю та водними елементами. На відміну від інструментів, які окремо моделюють лише вітер, інсоляцію або температуру поверхонь, ENVI-met розглядає міське середовище як взаємопов'язану систему, у якій зміна одного елемента впливає на інші компоненти.

Програмний комплекс використовується переважно для моделювання конкретних метеорологічних ситуацій і порівняння проєктних сценаріїв на рівні кварталу, вулиці, площі, житлового двору, парку або іншої локальної міської території. Типові дослідження охоплюють періоди від однієї до кількох діб і виконуються з високою просторовою деталізацією, достатньою для аналізу впливу окремих будівель, дерев, покриттів і елементів благоустрою.

Коли використовувати

ENVI-met доцільно застосовувати, коли необхідно оцінити, як зміна міського планування, озеленення, матеріалів поверхонь, геометрії забудови або водних елементів вплине на локальну температуру, вітер, вологість, тепловий комфорт і якість повітря.

2. Основні компоненти та модулі програмного комплексу

ENVI-met складається з взаємопов'язаних інструментів для створення моделі території, налаштування метеорологічного сценарію, виконання розрахунків і аналізу результатів. Конкретний набір застосунків і назви інтерфейсів можуть змінюватися між версіями, тому перед початком роботи необхідно перевіряти актуальну документацію.

Компонент	Основна функція	Практичне застосування
Редактор просторової моделі	Створення тривимірної моделі території	Будівлі, рельєф, дерева, кущі, ґрунти, покриття, водні поверхні
Редактор метеорологічного сценарію	Задання початкових і граничних умов	Температура, вологість, вітер, хмарність, радіаційні умови
Ядро моделювання	Чисельний розрахунок взаємодії компонентів	Повітряні потоки, теплообмін, волога, радіація, рослинність, поверхні
Інструменти аналізу та візуалізації	Перегляд і порівняння результатів	Карти, вертикальні профілі, часові ряди, тривимірні представлення
Модулі теплового комфорту	Оцінювання впливу мікроклімату на людину	Температурне навантаження, комфорт пішоходів, порівняння сценаріїв
Інструменти Python та інтеграції	Автоматизація, оброблення та візуалізація	Пакетний аналіз, підготовка графіків, обмін із зовнішніми системами

3. Вхідні дані для моделювання

Для виконання моделювання необхідні дві основні групи даних: просторовий опис модельної території та метеорологічні умови. Якість результатів значною мірою залежить від коректності геометрії, властивостей поверхонь і рослинності, а також від репрезентативності вибраного погодного сценарію.

Просторові дані

- межі модельної області та просторовий крок сітки;
- розташування, висота й геометрія будівель;
- матеріали фасадів, дахів і наземних покриттів;
- дерева, кущі, трав'яний покрив та їхні характеристики;
- ґрунти, водні поверхні та рельєф;
- джерела забруднення або інші спеціалізовані об'єкти, якщо вони передбачені дослідженням.

Метеорологічні дані

- температура і відносна вологість повітря;
- швидкість і напрямок вітру;
- сонячна радіація, хмарність та інші атмосферні умови;
- час початку, тривалість моделювання та параметри ініціалізації;
- дані метеостанцій у форматі CSV, файли EPW або спеціально підготовлені сценарії.

Належна практика

Метеорологічний сценарій повинен відповідати меті дослідження. Для оцінювання перегріву доцільно обирати репрезентативний спекотний день або хвилю спеки, а для аналізу вентиляції — характерні напрями та швидкості вітру. Сценарій необхідно документувати разом із джерелом даних.

4. Типовий робочий процес

1. Сформулювати дослідницьке питання та визначити показники, які потрібно оцінити.
2. Вибрати просторові межі модельної території, розмір комірки та вертикальну структуру сітки.
3. Створити базову тривимірну модель забудови, поверхонь, рослинності та рельєфу.
4. Підготувати метеорологічний сценарій і перевірити одиниці вимірювання та часову узгодженість.
5. Налаштувати параметри розрахунку, вихідні змінні та тривалість моделювання.
6. Виконати тестовий запуск для перевірки стабільності моделі й достатності обчислювальних ресурсів.
7. Запустити повне моделювання базового сценарію.
8. Створити один або кілька альтернативних сценаріїв, змінюючи лише досліджувані елементи.
9. Порівняти результати за однаковими часовими зрізами, висотами та шкалами візуалізації.
10. Документувати вихідні дані, параметри, версію програмного забезпечення, обмеження та невизначеність.

5. Основні результати моделювання

ENVI-met формує просторово-часові результати, які можуть аналізуватися як карти, профілі, часові ряди та тривимірні поля. Точний перелік доступних змінних залежить від налаштувань моделі, версії програмного комплексу та використаних модулів.

- температура і вологість повітря на різних висотах;
- швидкість, напрямок і турбулентність повітряних потоків;
- температура поверхонь, фасадів, дахів і ґрунту;
- короткохвильовий і довгохвильовий радіаційний баланс;
- затінення та тривалість сонячного опромінення;
- випаровування, транспірація і водний баланс рослинності та ґрунту;
- показники теплового комфорту людини;
- поширення забруднювальних речовин і оцінка якості повітря;
- параметри мікроклімату біля фасадів для подальшого використання в енергетичних моделях.

6. Сфери практичного застосування

Сфера	Типові завдання	Приклади сценаріїв
Міське планування	Оцінювання перегріву, вентиляції та комфортності просторів	Зміна щільності й орієнтації забудови
Зелена інфраструктура	Аналіз охолоджувального ефекту рослинності	Висадження дерев, створення парків, зелених дахів і фасадів
Благоустрій і матеріали	Порівняння температури поверхонь і теплового навантаження	Світлі покриття, проникні поверхні, затінення
Охорона здоров'я	Оцінювання теплового стресу для населення	Пішохідні маршрути, місця відпочинку, шкільні й лікарняні території
Якість повітря	Моделювання перенесення і розсіювання забруднювачів	Транспортні викиди, вплив дерев і вуличних каньйонів
Кліматична адаптація	Перевірка ефективності адаптаційних заходів	Базовий сценарій порівняно з озелененням, водними елементами або зміною забудови

Принцип сценарного аналізу

Найбільш інформативним є порівняння базового та альтернативного сценаріїв за однакових метеорологічних умов. Це дає змогу відокремити ефект проєктного рішення від природної мінливості погоди.

7. Переваги та обмеження

Основні переваги

- комплексне моделювання взаємодії атмосфери, будівель, поверхонь, ґрунту та рослинності;
- висока просторова деталізація для кварталів, вулиць і локальних територій;
- можливість безпосереднього порівняння проєктних та адаптаційних сценаріїв;
- аналіз теплового комфорту, якості повітря, вітру, радіації та температури поверхонь у межах одного середовища;
- інтеграція з QGIS, SketchUp, Grasshopper та іншими інструментами залежно від версії й ліцензії;
- можливість автоматизації аналізу й візуалізації за допомогою Python.

Основні обмеження

- високі вимоги до процесора, оперативної пам'яті та часу розрахунку для великих і деталізованих моделей;
- чутливість результатів до якості геометрії, матеріалів, рослинності та метеорологічних умов;
- призначення переважно для мікрокліматичних досліджень, а не для точного прогнозу погоди чи моделювання всього міста без спрощень;
- необхідність калібрування або валідації за даними спостережень, якщо результати використовуються для відповідальних управлінських рішень;
- обмежена придатність для повноцінного моделювання енергоспоживання будівель; для цього результати слід передавати до спеціалізованих енергетичних моделей;
- залежність доступних функцій, паралельних розрахунків і кількості робочих місць від типу ліцензії.

Інтерпретація

Результати ENVI-met є модельною оцінкою, а не безпосереднім вимірюванням. Їх потрібно інтерпретувати з урахуванням просторової роздільної здатності, параметризації, початкових умов, часу стабілізації моделі та невизначеності вхідних даних.

8. Рекомендації щодо використання в навчанні та дослідженнях

У межах ClimEd ENVI-met може використовуватися для формування практичних компетентностей у сфері міського клімату, кліматичної адаптації, GIS, екологічного моделювання, оцінювання теплового ризику та підтримки прийняття рішень. Доцільно починати з невеликих навчальних моделей і поступово переходити до складніших сценаріїв.

- лабораторна робота з побудови простої моделі міського кварталу;
- порівняння території без озеленення та після висадження дерев;
- оцінювання впливу зеленого даху або зеленого фасаду;
- аналіз затінення, температури поверхонь і теплового комфорту;
- дослідження вентиляції вуличного каньйону;
- оцінювання впливу покриттів із різним альбедо й водопроникністю;
- розроблення адаптаційного сценарію для шкільного двору, лікарні, площі або житлового кварталу;
- поєднання результатів ENVI-met із даними спостережень, QGIS, R або Python.

9. Технічні вимоги, ліцензування та інтеграція

ENVI-met працює у середовищі Windows. Продуктивність розрахунків визначається насамперед швидкістю процесора, кількістю ядер і обсягом оперативної пам'яті; графічна карта не є основним обчислювальним компонентом. Великі моделі потребують значних ресурсів, тому перед запуском доцільно виконувати тестові розрахунки на зменшеній області.

Для університетів доступні спеціальні ліцензійні умови для навчання і досліджень. Тип ліцензії визначає кількість пристроїв, можливість паралельних розрахунків і доступ до окремих функцій. Актуальні умови, ціни й системні вимоги необхідно перевіряти на офіційному сайті перед придбанням або встановленням.

ENVI-met може інтегруватися з геоінформаційними й проектними середовищами. Офіційно підтримуються інструменти або плагіни для QGIS, SketchUp і Grasshopper; у новіших рішеннях також розвиваються зв'язки з Rhino та поширеними 2D/3D форматами. Вбудовані засоби Python можуть використовуватися для оброблення, аналізу та візуалізації результатів.

10. Офіційні ресурси ENVI-met

Назва ресурсу	Посилання
Офіційний сайт ENVI-met	https://envi-met.com/
Опис програмного комплексу та можливостей	https://envi-met.com/microclimate-simulation-software/
Технічна документація ENVI-met	https://www.envi-met.info/
Огляд архітектури моделі	https://model.envi-met.com/hg2e/doku.php?id=intro:modelconcept
Плагіни та інтеграції	https://envi-met.com/envi-met-plugins-for-urban-planning-and-design/
Python для ENVI-met	https://envi-met.info/doku.php?id=apps:python:start
Ліцензії та ціни	https://envi-met.com/pricing/