

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК 004.021:004.92

Є.В. Бородавка

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

«ЯДРО» МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТА НА ОСНОВІ БАЗОВОГО НАБОРУ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ ТА АТРИБУТІВ

Розглянуто елементи будівельного об'єкта та їх моделі подання на кожному етапі його життєвого циклу. Визначено базові геометричні примітиви для моделювання кожного елемента, а також розглянуто основні атрибути, що їх описують.

Ключові слова: *будівельний об'єкт, елемент, геометричний примітив, атрибут, зв'язок*

Рассматриваются элементы строительного объекта и их модели представления на каждом этапе его жизненного цикла. Определяются базовые геометрические примитивы для моделирования каждого элемента, а также рассматриваются основные атрибуты, которые описывают.

Ключевые слова: *строительный объект, элемент, геометрический примитив, атрибут, связь*

We consider the elements of building object models and their representation at every stage of its life cycle. Identify basic geometric primitives to model each element, and discusses the main attributes that describe them.

Keywords: *building an object, element, geometric primitives, the attribute relationship*

Постановка проблеми

У сучасному світі інформаційні технології стрімко розвиваються і широко застосовуються у всіх областях народного господарства. Не виключенням є і будівельна галузь, яка постійно розвивається і потребує ефективних рішень у вигляді автоматизованих засобів підтримки життєвого циклу будівельних об'єктів.

Мета статті

Метою статті є продовження серії статей, що присвячені методології створення універсальних розширюваних систем підтримки життєвого циклу будівельних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботах [1; 2] було покладено початок дослідженням щодо створення єдиної уніфікованої цифрової моделі об'єкта, для підвищення ефективності автоматизованого проектування будівель і споруд.

У роботі [3] розглянуто етапи життєвого циклу будівельного об'єкта, визначено їх основні характеристики: моделі, інструменти та виконавці.

У роботах [4; 5] проаналізовано способи подання моделі будівельного об'єкта та запропоновано узагальнену модель розширюваної системи автоматизації життєвого циклу будівельного об'єкта.

У роботі [6] проведено класифікацію основних будівельних елементів за їх геометричними ознаками та виявлені їх спільні характеристики.

Мета завдання

У процесі створення уніфікованої автоматизованої системи підтримки життєвого циклу будівельного об'єкта необхідно визначити які геометричні примітиви найбільш ефективні для двовимірного та тривимірного подання елементів будівельного об'єкта на всіх етапах його життєвого циклу. Також необхідно проаналізувати які ще атрибути є спільними для всіх елементів та класифікувати їх.

Виклад основного матеріалу дослідження

У сучасних спеціалізованих будівельних САПР базовою ознакою для будь-якого об'єкта моделі є його *тип*. Такий підхід дозволяє досить просто класифікувати та розподіляти об'єкти, що використовуються. Але, в той же час, такий підхід обмежує гнучкість системи. Наприклад, якщо для об'єкта *стіна* визначено, що доступні типи геометричного подання лише ті, які підпадають під тип «плоскі полігональні» [6], то створити стіну як об'єкт з геометрією у вигляді граничної моделі неможливо. Для реалізації такої можливості розробникам необхідно буде здійснювати доробку системи для розширення її функціональності, навіть у випадку, коли в системі вже є об'єкти, для яких доступне подання у вигляді граничної моделі.

Розглянемо як співвідносяться типи елементів з варіантами їх геометричного подання у популярній САПР ArchiCAD.

Як бачимо з наведеної інформації (табл. 1) для різних типів елементів використовуються як спільні, так і відмінні варіанти геометричного подання. Тому, зважаючи на викладені міркування, для уніфікованої розширюваної системи доцільно зробити базовою ознакою саме *геометричний тип*.

Таблиця 1

Співвідношення типів будівельних елементів з варіантами їх геометричного подання в САПР ArchiCAD

Тип елемента	Плоскі полігональні				Граничні		Групові
	з прямолінійним вектором		з криволінійним вектором		багатокутні	триангульовані	
	з отворами	без отворів	з отворами	без отворів			
Стіна	+	+	+	+	-	-	+
Балка	+	+	-	-	-	-	-
Колона	-	+	-	-	-	-	-
Плита	+	+	-	-	-	-	-
Фундамент	-	+	-	+	+	-	+
Дах	+	+	-	-	-	-	+
Ферма	-	-	-	-	-	-	+
3D-сітка	+	+	-	-	+	+	-

Під час формування «ядра» моделі будівельного об'єкта слід звернути особливу увагу на двовимірне подання елементів. Адже зазвичай в сучасних САПР проектування ведеться як в двовимірному, так і в тривимірному просторах.

Звичайно, можна використовувати проекцію тривимірної моделі на координатну площину XOY, але такий підхід не зовсім зручний і обмежує можливості створення засобів конструювання елементів моделі. Адже найчастіше побудова елементів моделі здійснюється в двовимірному просторі і відповідно всі інструменти для побудови елементів створені для зручної роботи саме в двовимірному просторі. У тривимірному просторі зазвичай проводиться редагування вже побудованих елементів і дуже рідко їх побудова з нуля.

Отже можна зробити такі висновки:

- базові графічні примітиви для зображення тривимірної моделі будівельного об'єкта можуть відрізнятися від примітивів, що використовуються для подання цих же моделей у двовимірному просторі;

- оскільки будь-яка сучасна САПР повинна надавати інструментарій для побудови елементів моделі, то структури даних для двовимірних моделей мають бути зав'язані на методи побудови цих елементів.

САПР є невід'ємною частиною будь-якої системи забезпечення життєвого циклу будівельного об'єкта, тому під час проектування таких систем необхідно передбачати можливі ускладнення, що пов'язані з інструментами побудови елементів моделі будівельного об'єкта. Отже, під час визначення базового набору графічних примітивів для «ядра» моделі будівельного об'єкта, необхідно розділити двовимірне та тривимірне подання елементів моделі. Побудову тривимірних моделей елементів пропонується робити максимально уніфікованими триангульованими полігональними моделями. Структури даних для їх зберігання повинні узгоджуватися зі структурами даних для зберігання їх двовимірного подання.

Розглянемо, які ж двовимірні графічні примітиви необхідно використовувати для охоплення максимально можливого діапазону будівельних елементів. Такими примітивами є всі відомі плоскі фігури, а саме: точка, відрізок, коло, еліпс, трикутник, прямокутник, трапеція, паралелограм, ромб, багатокутник, крива. За допомогою наведених примітивів та їх комбінацій можна змоделювати плоску проекцію будь-якого елемента будівельного об'єкта. Тепер згрупуємо вказані примітиви відповідно до структур даних, що можуть їх описувати (табл. 2).

Як видно з табл. 2, кількість структур даних, що використовується для опису базових графічних примітивів досить невелика. Реалізація цих структур в принципі не складна. Основна складність у процесі розробки САПР – це створення інструментарію для інтерактивної побудови вказаних примітивів.

Таблиця 2

Графічні примітиви та структури даних для їх опису

№ пор.	Тип примітиву	Кількість точок, координати яких необхідно зберегти	Базова структура даних для опису
1	Точка	1	Точка
2	Відрізок	2	Відрізок
3	Коло	1	Коло
4	Еліпс	2	Прямокутник
5	Трикутник	3	Полігон
6	Прямокутник	2	Прямокутник
7	Трапеція	4	Полігон
8	Паралелограм	4	Полігон
9	Ромб	4	Полігон
10	Багатокутник	N	Полігон
11	Крива	N	Полілінія

Тривимірні триангульовані полігональні моделі будуть отримуватися на основі двовимірного подання елементів будівельного об'єкта. Для цього потрібно їх розширити за допомогою додаткових параметрів, які дозволять описати об'ємні характеристики елементів. Для відомих стандартних тривимірних тіл, таких як: призма, піраміда, конус, циліндр, куля, ці параметри відомі. Але, як було визначено в [6], більшість елементів будівельного об'єкта мають специфічну складну форму. Тому для їх повного опису необхідно вводити характеристики, що є специфічними для конкретних типів елементів.

Вже зазначалося, що з точки зору відображення тривимірної моделі найпростіше мати опис кожного елемента у вигляді набору трикутників, що утворюють полігональну модель. Але з точки зору проектувальника, який виконує побудову моделі будівельного об'єкта, зручно задати базові параметри кожного елемента, що є більш наочно і зрозуміло. А система вже сама повинна перетворити параметричну модель в полігональну. Ці параметри є якісними характеристиками, які назвемо *атрибути*. Найголовнішим атрибутом для кожного елемента є його *тип*. Атрибути можуть мати будь-який тип даних: цілий, дійсний, текст, зображення і т.п. Кожен елемент може мати будь-яку кількість атрибутів. Це залежить від його геометрії, а також типу.

Необхідно розглянути максимальну кількість елементів, що використовуються протягом всіх етапів підтримки життєвого циклу будівельного об'єкта. Для всіх розглянутих елементів потрібно виокремити спільні параметри, що властиві кожному елементу. Далі потрібно розглянути специфічні атрибути кожного елемента залежно від його геометричної побудови.

Оскільки на різних етапах підтримки життєвого циклу будівлі використовуються різні елементи, що мають різне функціональне призначення, пропонується об'єднати однорідні елементи в класи. Наприклад, можуть бути такі класи: будівельні об'єкти, геодезичні, електротехнічні, сантехнічні, об'єкти інтер'єру, кошторисно-фінансові і т.д.

У роботі [6] проведено аналіз базових елементів, що використовуються на етапі будівництва та зроблено висновки щодо можливої інтерпретації їх геометричних характеристик. Оскільки за основу ми вирішили взяти геометричні примітиви, то проаналізуємо, які спільні параметри вони можуть мати. Елементом назвемо об'єкт вищого рівня ієрархії, що може складатися з одного або декількох геометричних примітивів.

Першим обов'язковим параметром для будь-якого елемента повинен бути його унікальний ідентифікатор (*ID*). За допомогою цього ідентифікатора здійснюються всі операції з елементом (модифікація, видалення і т.п.), а також забезпечується його зв'язок з іншими елементами.

Наступним параметром елемента є його тип, який визначає функціональне призначення елемента та правила його обробки.

Будь-який елемент незалежно від геометричної будови та типу повинен мати просторове визначення та топологію, що описує його взаємозв'язки з іншими елементами.

Для багатьох елементів визначення однієї точки прив'язки неможливе, зважаючи на їх складну геометрію. Тому для першочергового однозначного визначення просторового розташування елемента пропонується використовувати просторовий обмежувальний паралелепіпед (*spatial bounding box, SBB*). *SBB* описується всього двома просторовими точками, що визначають його головну діагональ. Подібна структура дозволяє описати межі об'єкта з геометрією будь-якої складності.

Топологічні зв'язки бувають різних типів залежно від специфіки елемента. Пропонується виокремити три типи топологічних зв'язків, що описують всі можливі взаємовідношення між елементами.

Перший тип це *включення* – такий тип зв'язку, коли дочірній елемент впливає на базову геометричну структуру батьківського елемента. Наприклад, стіна-вікно, плита-отвір.

Другий тип зв'язку це *групування* – такий зв'язок, коли батьківський елемент не має власної геометричної структури, а його повністю складає група дочірніх елементів. Прикладом може слугувати поверх будинку, ферма, багатоскатний дах.

Третій тип зв'язку це зв'язок *посилання* – такий зв'язок, коли батьківський елемент має свою геометричну структуру і він зв'язаний з дочірніми елементами, які не включені в нього геометрично, але їх окреме існування не має сенсу.

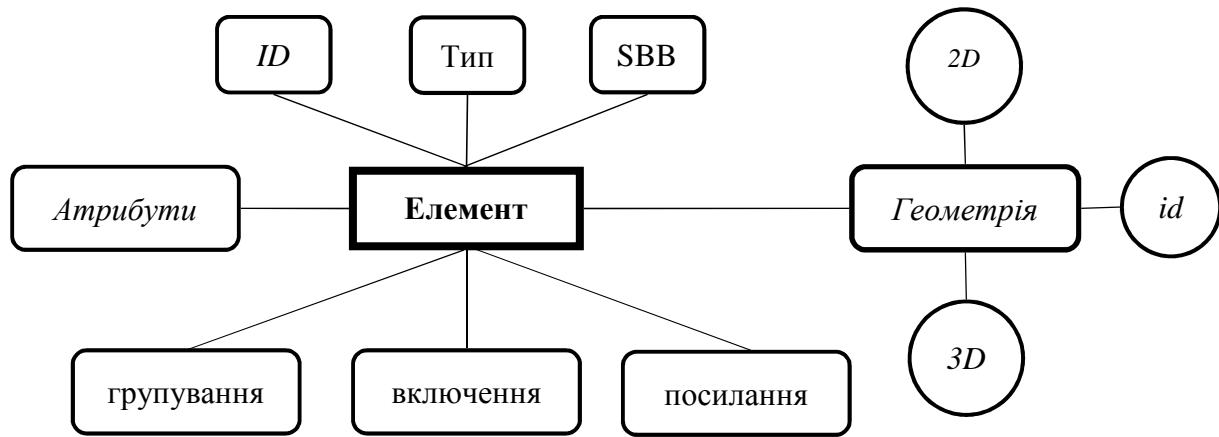


Рисунок. Схема базового елемента

Прикладом може слугувати земля та елементи ландшафту, двері та наличники, вікна та підвіконня, електрообладнання та з'єднувальні провідники. Слід зазначити, що в деяких випадках на один і той же дочірній елемент можуть посилатися різні батьківські елементи. Наприклад, з'єднувальний провідник має два кінця, тому з'єднує два "батьківські" елементи і кожен з них має посилання на нього.

З огляду на сказане вище, робимо висновок, що для кожного елемента також обов'язково мати три контейнера для зберігання різних типів топології: включення, групування та посилання. Звичайно для кожного елемента одночасно задіяними будуть максимум 2, але для зручності краще мати їх 3.

Останнім спільним параметром для будь-якого елемента пропонується ввести *матеріал*. Але багато елементів мають складну структуру з використанням декількох матеріалів, тому параметр матеріал ми використаємо як атрибут геометричного примітиву.

За результатами наведеного можемо сформулювати схему базового елемента, що використовується в процесі створення систем підтримки життєвого циклу будівельного об'єкта (рисунок).

Висновки

Проведено аналіз наявних методів подання будівельних елементів за допомогою геометричних структур на прикладі відомої САПР ArchiCAD. У результаті визначено базові графічні примітиви, що використовуються в процесі моделювання будівельних елементів.

Визначено найефективніші геометричні примітиви для подання моделей елементів будівельного об'єкта на різних етапах життєвого циклу.

Подано схему базового елемента моделі будівельного об'єкта, що описує всі можливі елементи моделі будівлі в узагальненому вигляді.

Подальшим напрямком дослідження є розробка концептуальної моделі структури даних про будівельний об'єкт, що буде придатною для опису всіх елементів будівлі на всіх етапах її життєвого циклу.

Список літератури

1. Городецький О.С. Засоби підтримки процесу проектування будівель і споруд з використанням уніфікованої цифрової моделі об'єкта / О.С. Городецький, Є.В. Бородавка // Будівництво України, 2007. – №4. – С. 36–39.
2. Демченко В.В. Формальний опис і практичне використання уніфікованої цифрової моделі об'єкта будівництва / В.В. Демченко, Є.В. Бородавка // Східноєвропейський журнал передових технологій, 2007. – №2/2(26). – С. 64–69.
3. Borodavka Y.V. Product lifecycle management in construction / Y.V. Borodavka, S.L. Pechenov // Східноєвропейський журнал передових технологій, 2010. – №6/3(48). – С. 31–34.
4. Бородавка Є.В. Модель розширеної системи автоматизації життєвого циклу будівельного об'єкта / Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем, 2010. – №4. – С. 69–71.
5. Бородавка Є.В. Способи подання моделі будівельного об'єкта / Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем, 2011. – №8. – С. 101–107.
6. Бородавка Є.В. Узагальнена класифікація типових будівельних елементів / Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем, 2012. – №12. – С. 144–149.

Стаття надійшла до редколегії 23.09.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.