

УДК 519.683

О.М. Ткаченко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

## СТРУКТУРНА МОДИФІКАЦІЯ ШАБЛОННО-ПРОСТОРОВОЇ СИСТЕМИ

*У статті узагальнено основні способи динамічної модифікації структури шаблонно-просторової програмної системи, описано можливості та обмеження окремих типів операцій зміни шаблонної структури.*

Останні роки значною мірою підтвердили факт подальшого глобального поширення інформаційних технологій та зростання соціального запиту на нові інтерактивні сервіси [1]. Варто відмітити кілька важливих тенденцій у сфері ІТ, актуальних в останні і наступні роки:

- збільшення об'єму та важливості електронного контенту, у т.ч. корпоративного та персонального, впровадження нових методів організації зберігання, пошуку та обробки даних;
- продовження стрімкого зростання активності і значимості соціальних мереж та сервісів Web 2.0;
- глобальний розвиток мережної інфраструктури, що, зокрема, виявляється у збільшенні кількості та швидкості підключень до мережі Інтернет;
- зростання ролі хмарних обчислень;
- зміщення акцентів у бік мобільного комп'ютингу та мобільних комунікацій і сервісів;
- вдосконалення існуючих та поява нових парадигм інформаційної діяльності фахівця тощо.

Практично всі процеси, що відображають зазначені тренди, йдуть паралельно, вони часто є як факторами, так і наслідками одне одного. З точки зору користувача як активного учасника (споживача і творця контенту) кожного сучасного Інтернет-ресурсу, важливими є можливість управляти даними і доступом до них, гарантування їх збереженості, функціональність системи з т.з. взаємодії з даними та іншими учасниками та ін.

Такі програмні системи (портального типу) надають широкі можливості користувачам щодо наповнення контентом в межах власного облікового запису і прав доступу, але практично не дозволяють втручатися в неї на рівні структури, створювати і модифікувати нові сутності предметної області, додавати їх в систему. Запропонований у [2] шаблонно-просторовий підхід (ШПП) до розробки програмних систем портального типу дозволяє динамічно змінювати структуру та зв'язність шаблонів (моделей сутностей) і просторів (шаблонних реалізацій). Динамічність передбачає можливість структурної модифікації системи у процесі її функціонування користувачами з відповідними правами доступу без втручання у програмний код. Дана стаття присвячена узагальненню способів модифікації шаблонної структури ШПП.

*Простором* називатимемо деяку абстракцію, що моделює екземпляри сутностей предметної області. Для множини однотипних просторів визначено єдині структуру і форму подання контенту, апріорні права доступу до контенту інших користувачів чи просторів для створення нового вмісту.

Під *шаблоном* будемо розуміти абстракцію, яка моделює тип сутності. Нехай, наприклад, шаблонно-просторовою системою є програмна система підтримки навчального процесу у ВНЗ. Тоді прикладами шаблонів можуть бути шаблони викладача, кафедри, студента, екзамену та ін.

Під *реалізацією* шаблону будемо розуміти процес створення з нього деякого простору. Даний шаблон назвемо *породжувальним* для створеного простору, а простір – *породженим* (реалізованим) з шаблону (або породженням шаблону).

Кожен простір є екземпляром деякого шаблону, а шаблон задає структуру та властивості простору, створеного з нього. Один і той же шаблон можна реалізувати багато разів, створивши, таким чином, відповідну кількість однотипних породжених з нього просторів.

Отже, шаблон – структурна, простір – змістовна одиниця ШПП-системи.

Користувачі під час роботи в системі здійснюють навігацію доступними просторами. Після авторизованого входу користувач потрапляє у власний простір.

Рис. 1 демонструє приклад фрагмента узагальненої шаблонно-просторової структури. На рисунку стрілки відображають структурно-змістовний зв'язок між шаблонами і породженими просторами. Простір Main (назва умовна) – головний простір, він є вершиною ієрархії.

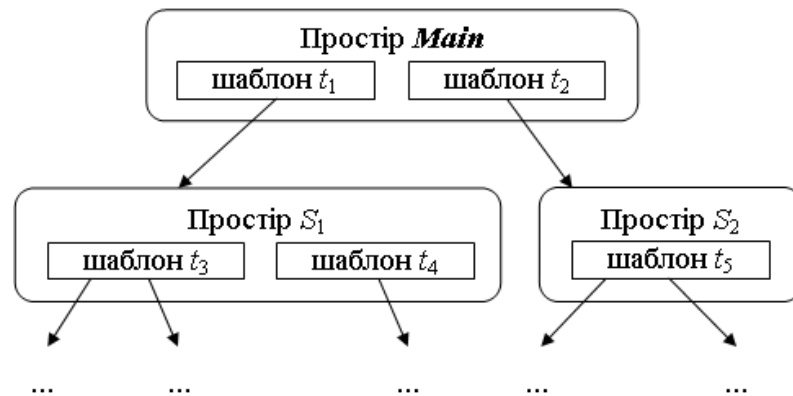


Рис. 1. Фрагмент шаблонно-просторової структури.

*Власником простору* називатимемо особу, яка має повний доступ до нього (доступ власності), створює з доступних шаблонів нові простори, надаючи до них доступ іншим користувачам. Власником простору Main є адміністратор.

Кожен шаблон може бути елементом деякої зв'язної шаблонної структури в межах системи. Зв'язки між шаблонами можуть бути різних типів: ієрархічними, агрегаційними, такими, що задають майбутню зв'язну структуру просторів тощо. Саме в цьому розумінні далі використовуються узагальнені поняття "батьківського шаблону", "нащадка", "шаблонна ієрархія" ("дерево шаблонів"). Це не є лише зв'язок типу успадкування, як в об'єктно-орієнтованому моделюванні і програмуванні. Загалом ШПП передбачає наявність багатьох зв'язних шаблонних структур в межах однієї системи.

У структурі шаблону виділимо такі частини: описову, контентну (змістовну) і зв'язну. Залежно від способу зв'язування, зв'язні частини шаблонів можуть містити перелік безпосередніх нащадків (рис. 2 а) або батьків (рис. 2 б).

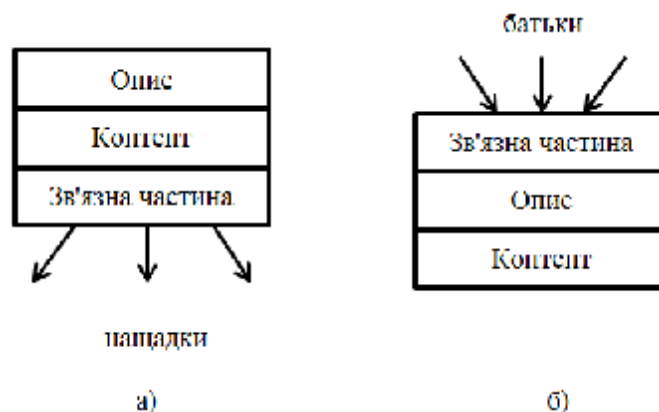


Рис. 2. Структура шаблону і способи зв'язування.

Зв'язна частина будь-якого шаблону не повинна містити однакові елементи.

Зв'язування, при якому зв'язна частина шаблонів містить перелік нащадків, називатимемо *зв'язуванням вниз*. Аналогічно, якщо у зв'язній частині міститься перелік батьків, такий спосіб називатимемо *зв'язуванням вгору*.

Варто зауважити, що при зв'язуванні "вгору" та кількості "батьків" більше одного у зв'язній частині шаблону (рис. 3 а) означає відповідну кратність його появи в еквівалентній шаблонній структурі, поданій зв'язуванням "вниз" (рис. 3 б).

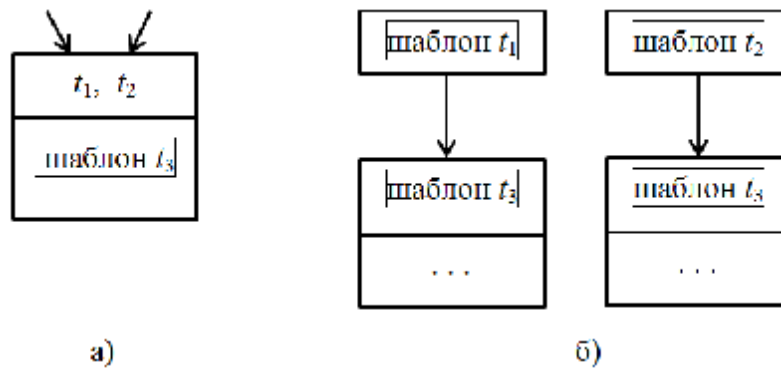


Рис. 3. Подання одного і того ж фрагменту шаблонної структури через зв'язування вгору (а) та зв'язування вниз (б).

Відношення "батько→нащадок" між шаблонами передбачає можливу наявність кількох безпосередніх нащадків для одного шаблону. Таким чином, дане відношення визначає на деякій множині  $T = \{ t_1, t_2, \dots, t_n \}$  шаблонів їх ієрархію (ієрархії), або дерево (множину дерев). Позначатимемо таке дерево через  $TT$ .

В одній шаблонно-просторовій системі визначено єдиний для всіх шаблонів спосіб зв'язування. Очевидно, що одну і ту ж ієрархію шаблонів можна задати як зв'язуванням "вниз", так і за допомогою зв'язування "вгору".

*Кратним* будемо називати шаблон, який міститься в  $TT$  більше одного разу. Інші шаблони називатимемо *некратними*, тобто такими, які мають кратність 1.

Так, шаблонна структура, представлена на рис. 4, містить шаблон  $t_4$  кратності 3.

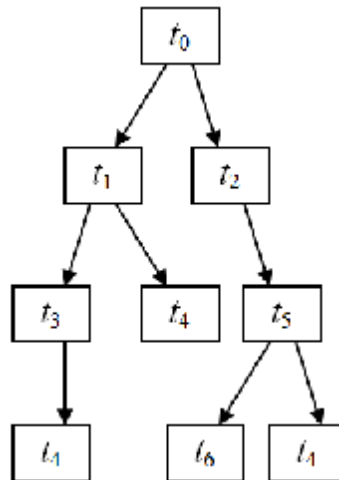


Рис. 4. Приклад шаблонної структури з кратними шаблонами.

Нехай  $m_i$  – кількість шаблонів  $t_i$  в  $TT$ . Позначатимемо  $j$ -й шаблон  $t_i$  в  $TT$  через  $t_i^j$ .

Усі  $t_i^j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m_i$ , називатимемо  $m_i$ -кратними  $t_i$ -шаблонами, або просто шаблонами  $t_i$ -сімейства кратності  $m_i$ .

Опис кратних шаблонів одного сімейства єдиний і зберігається в одному місці. Дійсно, в протилежному випадку такі шаблони можна було б вважати різними. Тому відношення належності шаблонів до одного сімейства будемо вважати відношенням їх рівності:

$$\forall t_i \in TT: t_i^a = t_i^b = t_i, a = 1, 2, \dots, m_i, b = 1, 2, \dots, m_i.$$

Через  $S_i^k$  будемо позначати  $k$ -й екземпляр ( $k$ -ту реалізацію) відповідного шаблону  $t_i$ .

Одному і тому ж  $TT$  (див. рис. 4) можуть відповідати різні *просторові ієрархії* (рис. 5). Це впливає з можливості багатократного створення просторів із одного і того ж шаблону.

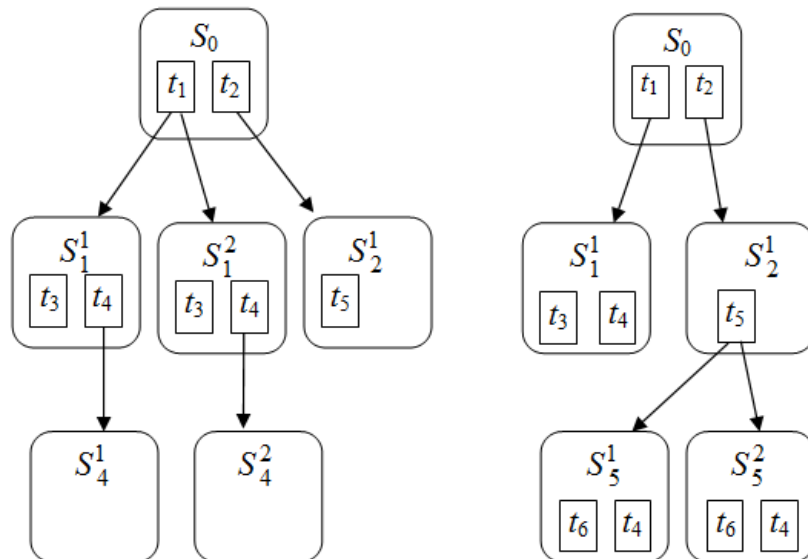


Рис. 5. Різні реалізації однієї і тієї ж шаблонної структури.

Структурною модифікацією шаблонно-просторової системи є модифікація шаблонів та шаблонної ієрархії. Вона може призвести до неприємних наслідків, зокрема, до її нескінченного росту, а також до втрати цінного контенту в просторах, тому необхідним є визначення обмежень та додаткова перевірка на допустимість здійснення таких операцій. Доступ до кардинальних змін шаблонної структури доручається адміністратору. За необхідності він може надавати доступ до середовища редагування шаблонів іншим особам.

Очевидно, що зміна описової та контентної частини шаблону може призвести лише до майбутньої зміни в структурі та наповненні просторів і не призведе до зміни шаблонної структури системи. Довільне розширення зв'язної частини за рахунок існуючих шаблонів призводить до збільшення кратності принаймні одного шаблону, незалежно від способу зв'язування. При цьому також автоматично збільшується кратність нащадків у всіх поколіннях, якщо вони існують, для даного шаблону, зв'язна частина якого модифікується (рис. 6).

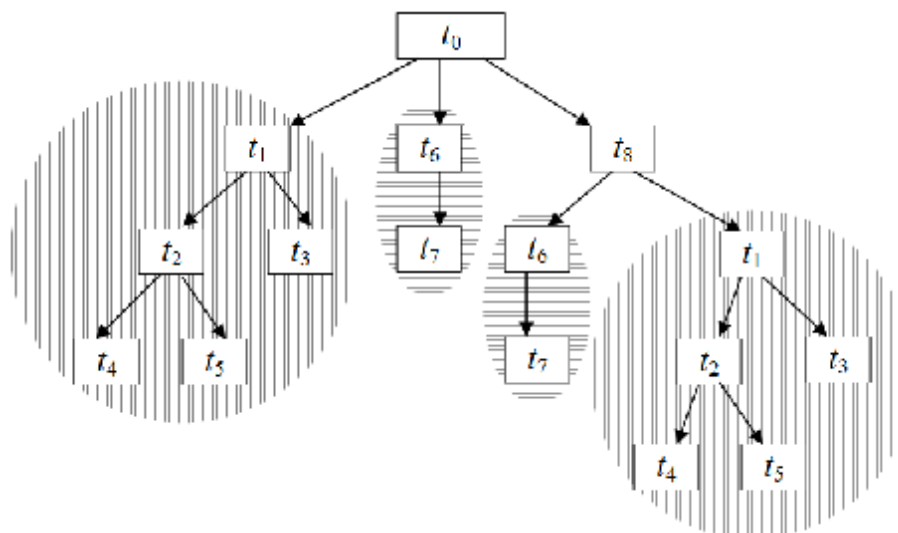


Рис. 6. Кратні фрагменти шаблонної структури.

Звуження зв'язної частини шаблону при зв'язуванні "вгору" зменшує кратність цього шаблону та всіх його нащадків.

При зв'язуванні "вниз" аналогічна операція призводить до:

- видалення шаблону з  $TT$ , якщо він має кратність 1;
- зменшення кратності шаблону, якщо він має кратність 2 і більше;
- видалення з  $TT$  цілого фрагмента з кількох шаблонів, у т.ч. зменшення їх кратності (див., наприклад, фрагмент з вершиною  $t_1$  на рис. 6).

При вилученні шаблонів з  $TT$  застосовується перезв'язування відповідних фрагментів. До вилучення шаблону  $t_d$  з  $TT$  призводять такі дії:

- явне вилучення з переліку шаблонів системи;
- вилучення з переліку у зв'язній частині іншого шаблону.

Обидва способи вилучення призводять до пониження кратності  $t_d$  та втрати контенту породжених з нього просторів. Якщо  $t_d$  має нащадків, то обидва способи вилучення призводять і до втрати цілих фрагментів  $TT$  та контенту відповідних просторів.

Додатковий захист цінного вмісту в просторах при модифікації звуження шаблонної структури забезпечується встановленням обмежень на вилучення породжувальних шаблонів та їх нащадків або явного збереження контенту простору і забезпечення доступу до нього.

Іншим способом структурної модифікації шаблонно-просторової системи є додавання новоствореного шаблону.

Позначимо через  $t_{new}$  новий шаблон, який додається в ієрархію  $TT$ . Вважатимемо, що опис нового шаблону не співпадає з описом довільного існуючого шаблону з  $TT$ . Створенням  $t_{new}$  є ініціалізація його структурних частин.

Суміжними будемо називати шаблони, які виступають один відносно одного відповідно батьком та нащадком.

Нехай функція  $anch(t_i)$  визначає множину суміжних для  $t_i$  шаблонів, тобто тих, які вказані в його зв'язній частині, функція  $fath(t_i)$  – множину батьків  $t_i$  в усіх поколіннях, функція  $leg(t_i)$  – множину нащадків  $t_i$  усіх поколінь незалежно від способу зв'язування.

Нехай на скінченній множині шаблонів  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  визначено деяке дерево  $TT$ . Це дерево буде скінченним тоді і лише тоді, коли в жодному його маршруті немає кратних шаблонів одного сімейства [3].

Допустимими суміжними шаблонами для  $t_{new}$  (відповідно допустимими батьками або нащадками, залежно від способу зв'язування) називатимемо всі шаблони, після зв'язування яких з  $t_{new}$  дерево  $TT$  залишається скінченним.

Нехай для  $t_{new}$  визначено множину нащадків і  $t_{new} \neq t_p$ . Тоді шаблон  $t_p$  скінченого  $TT$  буде допустимим батьківським шаблоном для  $t_{new}$ , а, відповідно,  $t_{new}$  – допустимим нащадком для  $t_p$ , якщо  $(\{t_p\} \cup fath(t_p)) \cap leg(t_{new}) = \emptyset$  [3].

Наслідок. Нехай  $t_p \in TT$ ,  $t_i \in TT$ . Шаблон  $t_p$  буде допустимим батьківським шаблоном для  $t_i$ , а,  $t_i$  – допустимим нащадком для  $t_p$ , якщо  $(\{t_p\} \cup fath(t_p)) \cap (\{t_i\} \cup leg(t_i)) = \emptyset$ .

Нехай  $anch(t_{new}) = \emptyset$ . Тоді  $t_{new}$  може бути допустимим нащадком для всіх шаблонів з  $TT$ , і навпаки, всі шаблони  $TT$  є допустимими батьками для  $t_{new}$  [3].

У випадку додавання нового шаблону в шаблонну ієрархію проблема скінченності  $TT$  може виникнути лише випадку наявності маршруту з хоча б двома кратними шаблонами одного сімейства. Додавання нового шаблону всередину  $TT$  вимагає наявності не пустої зв'язної частини. При цьому при зв'язуванні "вгору" новий шаблон може виявитися кратним у випадку кількості зв'язків не менше двох, при зв'язуванні "вниз" – у випадку кратності батьківського шаблону не менше двох або наявності принаймні двох різних шаблонів, батьківських відносно даного.

Послідовність інтеграції  $t_{new}$  в  $TT$  детермінується способом зв'язування.

При зв'язуванні вгору перед додаванням  $t_{new}$  в  $TT$  його зв'язна частина пуста, тобто допустимим батьком для нього може виступати довільний з існуючих шаблонів. А вже після появи у нього нащадків,  $t_{new}$  втрачає статус нового.

При зв'язуванні вниз у нас є два способи інтеграції  $t_{new}$  в  $TT$ .

Спосіб 1. Спочатку зв'язуємо  $t_{new}$  з потрібними шаблонами, вказуючи  $t_{new}$  в їхній зв'язній частині. На цьому етапі  $t_{new}$  теоретично може бути нащадком для всіх існуючих шаблонів, оскільки поки що не має нащадків. Після цього заповнюється його зв'язна частина, що зводиться

до випадку розширення ієрархії  $TT$  за рахунок існуючих шаблонів. Перед ініціалізацією зв'язної частини  $t_{new}$  здійснюється відбір допустимих нащадків для  $t_{new}$ . Теоретичною основою відбору є розглянуті вище умови допустимості статусу суміжного для шаблону.

Спосіб 2. Спочатку створюється дерево з кореневою вершиною  $t_{new}$ , тобто ініціалізується зв'язна частина  $t_{new}$ . Після цього визначаються допустимі батьки для  $t_{new}$  і відбувається інтеграція  $t_{new}$  разом з піддеревом в  $TT$ .

Обидва способи враховують обмеження, викладені вище, які накладаються на додавання нових шаблонів.

Отже, динамічна структурна модифікація шаблонно-просторової системи довільним з описаних способів вимагає внесення змін до зв'язної частини принаймні одного шаблону з  $TT$ . При цьому обмеження, пов'язані з небезпекою неконтрольованого розростання структурної частини, накладаються лише у випадках модифікації, що призводить до зміни шаблонної структури. Додаткові обмеження для втручання у шаблонну ієрархію можуть бути накладені з огляду небезпеки втрати цінного контенту в просторах. Загалом зміни в структурі шаблонно-просторової системи можна звести до двох випадків:

- модифікація, яка не змінює шаблонної ієрархії;
- модифікація, яка змінює шаблонну ієрархію.

У першому випадку це відобразиться лише при наступному відкритті просторів, породжувальні шаблони яких було змінено: наслідком цього може бути лише зміна у відображенні контенту просторів.

Другий випадок стосується зміни апріорної системи доступу, яка визначається ієрархічними зв'язками між шаблонами. Різновидами цього випадку є:

- модифікація (розширення) за рахунок додавання новоствореного шаблону;
- модифікація (розширення) шаблонної ієрархії за рахунок існуючих шаблонів, у т.ч. за рахунок збільшення їх кратності;
- звуження через зменшення кратності шаблонів;
- звуження через видалення шаблонів.

Автоматизація процесу надання можливостей зв'язування шаблонів та накладання обмежень ґрунтується на використанні положень ШПП у відповідних алгоритмах.

Узагальнення методів структурної модифікації шаблонно-просторової системи дозволяє розглядати методи модифікації контентної частини програмної системи (ієрархії просторів) та зв'язок між ними.

1. O'Reilly T. What Is Web 2.0. – <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>. – 30.09.2005
2. Завадський І.О., Ткаченко О.М. Про один підхід до побудови мережевого освітнього середовища // Вісник Київського університету. Серія: Фізико-математичні науки. – 2004. – №1. – С. 210-216.
3. Ткаченко О.М. Допустима суміжність і скінченність у шаблонній ієрархії // Матеріали Міжнародної конференції "Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем" (ТААПСД'2004). – К., 2008. – С. 67-71.