

6. Вибрати напрямок рядків, що розглядаються по  $x$  чи  $y$ , де він має найбільшу потужність (найбільшу кількість елементів).

7. За вибраним напрямком вибрати рядок з найбільшою потужністю, при альтернативі береться той рядок (ланцюжок елементів), де є найбільший розкид відстаней між елементами з врахуванням фактичного ресурсу (резерву) зсуву. При розкіді відстаней у рядку не більше 1 вважати елементи розміщеними рівномірно за даним напрямком.

8. Підрахувати загальну суму ресурсу (резерву) зсуву по лінійці та визначити середнє значення відстані між елементами. Оскільки середнє значення не завжди є цілим числом, то частина відстаней між елементами буде меншою (більшою) від решти відстаней. У такому випадку мінші відстані вибираються між тими елементами, які електрично зв'язані.

9. Розсунути елементи за вищевказаним рядком. Зафіксувати положення цих елементів на підшарку за координатою даного напрямку ( $x$  чи  $y$ ).

10. Із списку ланцюжків елементів того ж напрямку вилучити всі ланцюжки, які перекриваються за елементами з ланцюжком елементів, що розсовувались.

11. З решти рядків вибрати рядок із максимальною потужністю та з максимальним розкидом відстаней, провести розсув аналогічно вищевказаному до повного перебору рядків у даному напрямку.

12. Розглянути інший напрямок за таким же порядком дій, як і в першому напрямку.

13. Зафіксувати положення розсунутих елементів на підшарку за координатою даного напрямку ( $x$  чи  $y$ ).

14. Повторити всі вищевказані етапи для ще не зафіксованих елементів до повного перерозміщення.

Результатом роботи алгоритму є рівномірне розташування елементів та компонентів мікробірки на МКП. Для щільних мікробірок нерівномірність розподілу елементів і компонентів зменшувалась у середньому на 15 %. При цьому оцінювалась сума відстані між сусідніми елементами і компонентами.

*1. Якименко В.І., Ткаченко С.П. До питання топологічної оцінки розміщення елементів і компонентів в монтажно-комутаційному просторі ГІС // Вісник ДУ "Львівська політехніка". 1998. № 349. С.31–34. 2.Ткаченко С.П., Якименко В.І. Топологічна оцінка розміщення // Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. "Сучасні проблеми засобів телекомунікації, комп'ютерної інженерії та підготовки спеціалістів". 1998. С.186.*

**УДК 681.3.049**

**Корпильов Д.В., Ткаченко С.П.**

НУ "Львівська політехніка", кафедра САПР

**КОНЦЕПТУАЛЬНА ТА ОБ'ЄКТНА МОДЕЛІ  
СИСТЕМНОГО СЕРЕДОВИЩА САПР  
ГІБРИДНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ «ТОPOS»**

© Корпильов Д.В., Ткаченко С.П., 2000

**Розглянуті концептуальна та об'єктна моделі системного середовища конструкторського проектування САПР гібридних інтегральних схем "ТОPOS". Сис-**

**темне середовище реалізує узагальнену концепцію моделювання, яка подібна діакоптиці Крона та є системою класів об'єктів, яка виражає основні її поняття.**

## **1. Вступ**

З розвитком об'єктно-орієнтованих технологій, які надають потужні інструментальні можливості для різноманітного використання програмного забезпечення, з'являється можливість уніфікованої розробки системних середовищ САПР у різних галузях. Створення прикладних систем з використанням об'єктно-орієнтованих бібліотек, графічних інтерфейсів, баз даних знаходить усе ширше застосування.

Головним чинником діяльності, що сприяє створенню першокласного програмного забезпечення, є моделювання. Моделі дозволяють наочно продемонструвати бажану структуру і поведінку системи. Вони також необхідні для візуалізації і управління її архітектурою. Моделі допомагають досягнути кращого розуміння системи, що створюється, і в результаті її спрощують та дають можливість повторного використання [8]. У даній роботі розглядаються питання подання концептуальної та об'єктної моделей системного середовища конструкторського проектування ГІС.

## **2. Концептуальна модель системного середовища**

Концептуальна модель – це абстрактна модель, яка виявляє причинно-наслідкові зв'язки, властиві даному об'єкту та суттєві у рамках певного дослідження [6]. Концептуальна модель системного середовища базується на діакоптиці Крона [1] – науці про дослідження складних систем по частинах, яка практично застосовується при моделюванні великих інтегральних схем (ВІС) [2].

До характерних особливостей складних систем можна віднести [5]:

- велика кількість взаємозв'язаних між собою елементів і підсистем;
- складність функцій, які виконуються системою, скерованих на досягнення мети її функціонування;
- багатовимірність системи, яка обумовлена наявністю великої кількості зв'язків між підсистемами;
- взаємодія із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах дії випадкових факторів;
- наявність множини критеріїв оцінки якості функціонування складної системи та її підсистем;
- велика кількість структур складних систем, яка обумовлена різноманітністю як її структур, так і структур об'єднання підсистем у єдину систему;
- наявність управління, яке має ієрархічну структуру, а також розгалуженої інформаційної мережі та інтенсивних інформаційних потоків;
- велика кількість підсистем різної фізичної природи, які характеризуються різними фізичними властивостями;
- великий розмір і складність моделі системи, що обумовлено необхідністю використання для її дослідження математичних методів декомпозиції, макромоделювання, імітаційного моделювання;
- існування інтегративних ознак, які властиві системі загалом, але не властиві кожному її елементу окремо;
- відсутність достовірної інформації про властивості системи загалом у результаті вивчення властивостей її окремих елементів.

Отже, система – це сукупність взаємозв’язаних елементів та підсистем, об’єднаних у одне ціле для досягнення визначеної мети, що описується за допомогою сукупності моделей [6]. Система, що моделюється  $S=\{K,C\}$  є системою взаємозв’язаних компонентів і представляє кінцеву множину компонентів  $K=\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ ,  $i=1, \dots, n$  та їх зв’язків  $C=\{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ ,  $j=1, \dots, m$ . Компонентом системи може бути або елемент, або підсистема, що складається з елементів або підсистем нижчого рівня [3,4]. Підсистема – це сукупність елементів, частина яких задає специфікацію поведінки інших елементів [8]. Слід зауважити, що система конструкторського проектування гібридних інтегральних схем (ГІС), яка розглядається, має складну багаторівневу ієрархічну структуру.

Кожен компонент  $K_i$  має визначену кількість зовнішніх з’єднань  $L_{ik}$ ,  $k=1, \dots, k_i$ , через які здійснюється його зв’язок з іншими компонентами у системі. Кожен зв’язок  $C_j$  при цьому об’єднує довільну кількість з’єднань компонентів  $C_j=\{L_{ik}, i=i_j(l), k=k_j(l), l=1, \dots, l_j\}$ . Кожне з’єднання бере участь лише в одному зв’язку, у кожному зв’язку беруть участь два з’єднання; для компонентів системи відсутні незв’язані з’єднання, і, як наслідок, виконується

$$\sum_{i=1}^n k_i = \sum_{j=1}^m l_j \quad [7].$$

Довільна підсистема може розглядатися як самостійна система, що складається із своїх власних підсистем та їх зв’язків і має визначену кількість зовнішніх з’єднань, завдяки чому вона може вводиться у систему більш високого рівня. Довільна підсистема складається з елементів і підсистем нижчого рівня, вихідна підсистема завжди може бути перетворена у еквівалентне представлення у вигляді взаємозв’язаних елементів.

Далі будемо розглядати елементні подання  $S=\{E,C\}$ . Кожен елемент системи  $E_i$  класифікується відповідно до виду математичної моделі і, можливо, до значень її параметрів  $p_i$ . Моделлю елемента є математичні співвідношення, які зв’язують внутрішній стан елемента  $x_i$  із значеннями змінних його зовнішніх зв’язків  $y_i$  та параметрами моделі  $p_i$ .

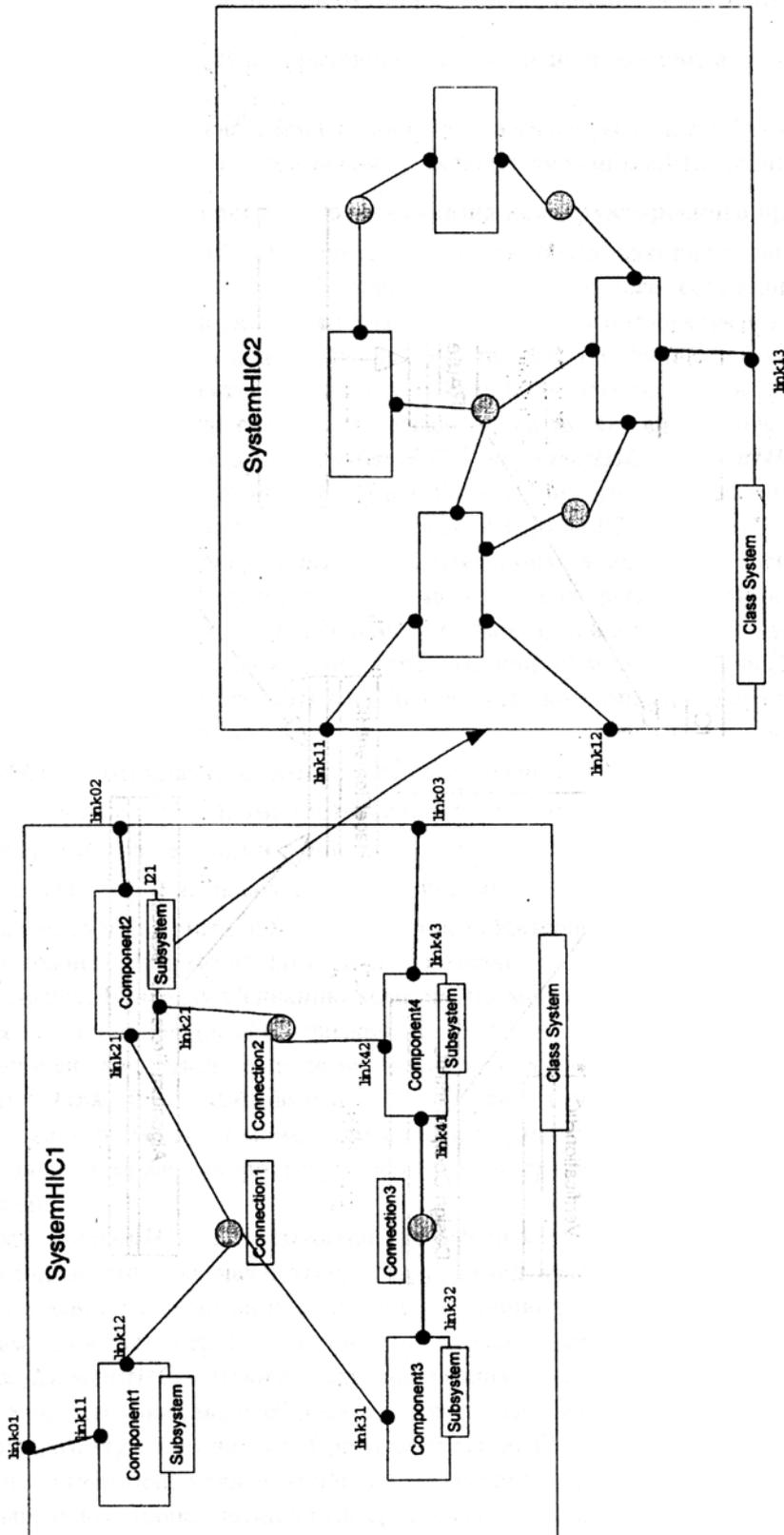
Вектор змінних зв’язків окремого елемента  $y_i$  збирається з окремих компонентів  $z$ , які відповідають зв’язкам системи, якими з’єднаний даний елемент. При цьому вектор  $z$  визначається безпосередньо на множині зв’язків системи, причому з кожним зв’язком  $C_j$  зв’язується своя підмножина компонентів  $z_j \in R^{mz}$  одного і того ж фіксованого розміру.

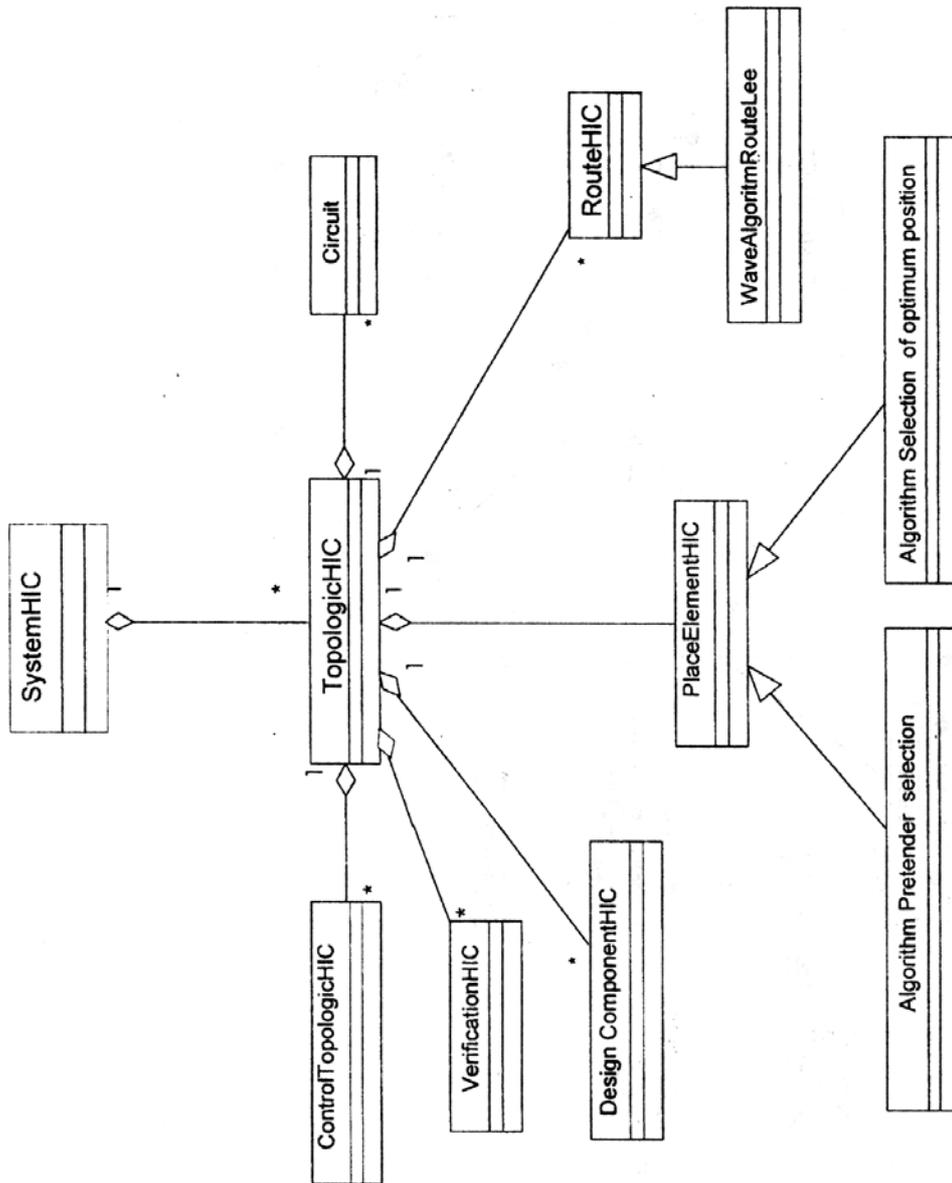
Отже, якщо з’єднання  $L_{ik}$  елемента  $E_i$  бере участь у зв’язку  $C_j$ , то  $y_{ik}=z_j$  і  $n_i^y = l_j n_z$ .

Параметрами системи  $p=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  є параметри моделей окремих елементів. Стан усієї системи визначається станом усіх елементів і вектором змінних зв’язків, тому вектор стану формується як  $x=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Поведінка усієї системи описується деякою системою нелінійних алгебраїчних рівнянь  $F(x,p)=0$ , яка є її математичною моделлю. Головна відмінність математичної моделі системи від компонентних моделей полягає у тому, що змінні внутрішніх зв’язків входять до вектору станів, а зовнішні зв’язки у замкнених системах відсутні.

При формуванні моделі системи можна виділити загальний підхід. До системи рівнянь повинні вводиться елементні рівняння  $F_i(x_i, y_i, p_i)=0$ ,  $i=1, \dots, n$ , що виражають функціональні властивості окремих елементів. При цьому елементні рівняння можуть або включатись у повну систему рівнянь, або враховуватися неявно при формуванні інших рівнянь системи.

Крім елементарних рівнянь, до системи можуть вводиться топологічні рівняння, що відображають спосіб входження окремих компонентів у систему, що моделюється. Тобто,





6

Рис. 1. Подання системи, яка моделюється:  
 а – концептуальна модель; б – об'єктна модель в нотатції UML

кожному зв'язку  $C_j, j=1, \dots, m$  можуть бути призначені рівняння збереження виду  $\sum_{i=1}^{l_j} y_i k = 0$ , у яких індекси  $i=i_j(l), k=k_j(l)$  перераховують усі з'єднання елементів, що беруть участь у зв'язку.

Описана концептуальна схема є достатньо загальною і може бути використана до великої кількості класів задач моделювання, включаючи різноманітні технічні системи.

### 3. Об'єктна модель системного середовища конструкторського проектування ГІС

Об'єктно-орієнтований підхід розглядається як підхід, використання якого забезпечує необхідну функціональність і інструментальність системного середовища, яке розробляється. Неформальне використання об'єктно-орієнтованого проектування (ООП) передбачає проведення об'єктного аналізу предметної області і побудови об'єктної моделі, яка визначає основні види об'єктів і способи їх взаємодії у межах системного середовища.

Системне середовище є системою класів об'єктів, які виражають ключові поняття концепції, що розглядається, а саме: *SystemHIC, ComponentHIC, ElementHIC, SubsystemHIC, Connection, Link, Model, RouteHIC*. Дана базова множина є достатньою для подання системного середовища конструкторського проектування ГІС.

Абстрактний клас *ComponentHIC* реалізує поняття компонента системи. З компонентом пов'язаний набір атрибутів, який містить ідентифікатор компонента, параметри, змінні стану та зовнішні з'єднання. Параметри і змінні станів використовуються при аналізі моделюючої системи. З'єднання визначають потенційну можливість введення компонента до системи і фактично визначають спосіб взаємодії компонентів у системі. Для об'єктів даного класу визначені методи:

- задання і отримання ідентифікатора компонента;
- оперування параметрами (визначення їх кількості, доступу до них);
- оперування зі змінними станів;
- редагування зв'язків компонента в системі;
- представлення статичної та динамічної характеристик компонента.

Для кожного параметра компонента визначено ім'я, значення, а також одиниця і масштаб виміру. Кожному з'єднанню компонента може бути наданий статус, що визначає з'єднання як вхідне, вихідне або невизначене.

Компонент вводиться до системи внаслідок зв'язування компонента через масив з'єднання класу *Link*, які є вказівками на об'єкти класу *Connection*. Кожен зв'язок має ідентифікатор, вектор змінних і може мати список з'єднань, які він об'єднує. Інформація про статус з'єднання може використовуватися для контролю топологічної коректності опису всієї системи.

Класи *ElementHIC, SubsystemHIC* конкретизують поняття компонента системи як елемента підсистеми і визначаються як похідні від класу *ComponentHIC*. На відміну від елементів підсистеми зберігають вказівник на відповідне їм подання класу *ComponentHIC*. Тим самим підсистеми беруть участь в описі системи зі своїми окремими поданнями.

Клас *ElementHIC* є базовим для конкретних класів моделей елементів, які застосовуються. Кількість таких моделей досить значна і класифікація елементів, які застосовуються, має досить розгалужений вигляд. При проектуванні ГІС використовується набір елементів, що містить: резистори, конденсатори, діодні матриці, транзистори, мікросхеми із різними специфічними функціональними характеристиками і наборами параметрів, так звані "універсальні елементи" (наприклад, резистивна матриця на полікорі).

Клас *SystemHIC* підтримує подання системи у вигляді множини компонентів і їх зв'язків (рис. 1,а). Клас визначає і реалізує методи опису і редагування системи: створення, видалення, пошук, перестановку компонентів та їх зв'язків.

Розглянута система класів значною мірою відображає прикладний бік моделювання і за змістом спосіб уніфікованого формулювання задач проектування у термінах користувача.

#### 4. Бібліотека класів і об'єктів системи конструкторського проектування ГІС

Класом називається опис сукупності об'єктів зі спільними атрибутами, операціями, відношеннями і семантикою [8,9]. Класи є складовими блоками побудови об'єктно-орієнтованих систем. Аналіз зовнішніх вимог до прикладної системи, що проектується, дозволяє визначити об'єкти та класи об'єктів, які пов'язані з прикладною проблемою [9]. До бібліотеки входять основні елементи системи конструкторського проектування ГІС, що беруть участь у проектуванні і подаються ієрархією класів, які успадковуються від базового класу *SystemHIC*.

Елементами конструкторського моделювання є геометричні об'єкти конструкторського проектування ГІС, а також елементарні геометричні, розмірні і конструктивні обмеження, які зв'язують координати характерних точок геометричної моделі ГІС. Суттєвим для проведення моделювання є визначення додаткових примітивів – елементів конструкцій, які неявно беруть участь у побудові геометричних моделей, задаючи систему обмежень для примітивів основних видів. Хоча дані елементи повторюють основні геометричні об'єкти, вони виконують зовсім інші функції. Зазвичай засоби їх побудови, візуалізації і оперування з ними відрізняються від засобів роботи з еквівалентними геометричними примітивами, тому вони розглядаються як самостійні об'єкти.

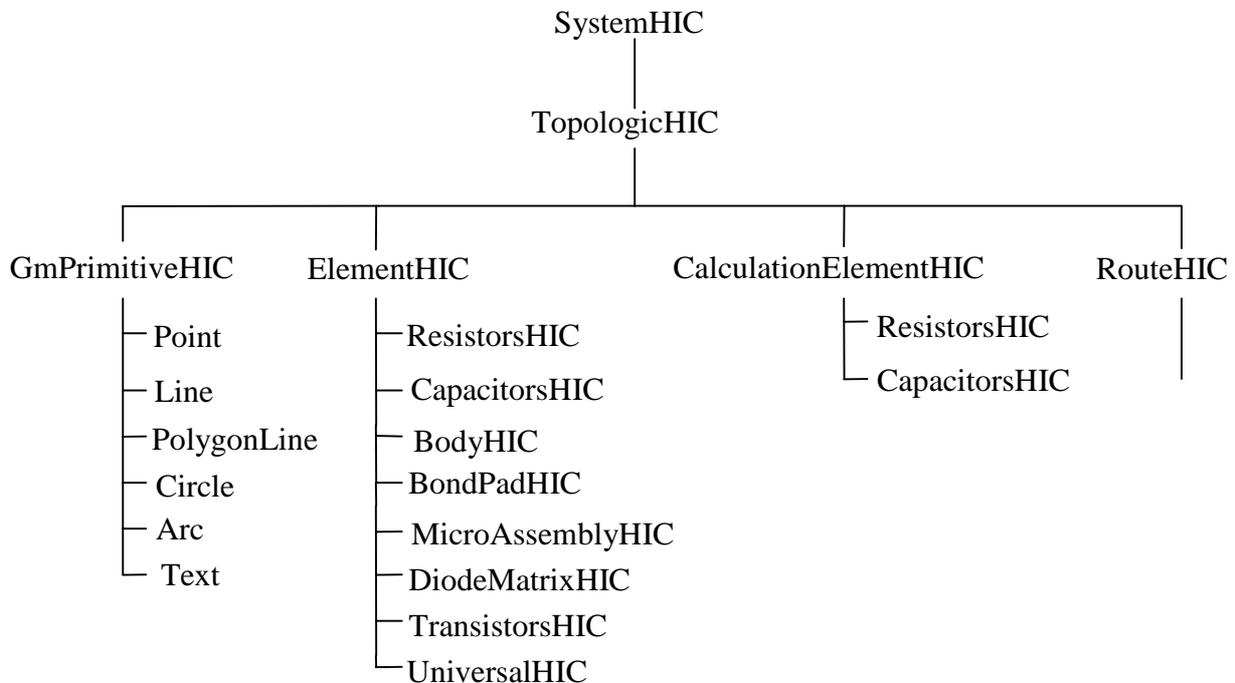


Рис.2. Ієрархія класів системи конструкторського проектування ГІС

Кожний з перерахованих класів успадковує методи, що декларуються базовим класом *TopologicHIC*. Клас *SystemHIC* додатково визначає, а конкретні класи реалізують методи

файлового вводу/виводу і візуалізації елементів топології ГІС у вікні для взаємодії з базами даних і інтерактивної графічної бібліотеки у межах системи конструкторського проектування ГІС. У кожному класі обмежень перевизначається набір процедур, які задають математичну модель елемента. Для формування моделі усієї системи використовують клас *SystemHIC* конструкторської системи проектування ГІС.

Використання об'єктно-орієнтованого системного середовища ГІС дозволяє максимально уніфікувати програмні засоби формування моделей топології ГІС [10]. При цьому забезпечуються важливі інструментальні можливості для їх подальшого розвитку як у напрямку розширення видів геометричних примітивів і обмежень, так і в напрямку модернізації методів розв'язання.

### **Висновок**

Можна вважати, що саме об'єктно-орієнтований підхід забезпечує необхідну функціональність і інструментальність системного середовища, яке розробляється. Розробка середовища САПР ГІС "ТОПОС" з використанням об'єктно-орієнтованого проектування дає змогу більш ефективно розробляти та використовувати програмні модулі системи, а також створити систему, яка буде відповідати міжнародним стандартам САПР.

1. Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика). М., 1972. 2. Баталов Б.В., Егоров Ю.Б., Русаков С.Г. Основы математического моделирования больших интегральных схем на ЭВМ. М., 1982. 3. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. К., 1975. 4. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического обеспечения с применением САПР. М., 1990. 5. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М., 1982. 6. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. К., 1988. 7. Селютин В.А., Машинное проектирование электронных устройств. М., 1977. 8. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. М., 2000. 9. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++, 2-е изд. / Пер. с англ. М.; С.-Пб., 1998. 10. Корпильов Д., Ткаченко С. Об'єктно-орієнтована методологія розробки середовища САПР Гібридних інтегральних схем "ТОПОС" // Вісник ДУ "Львівська політехніка". 2000. № 387.С.429–435.

**УДК 621.382**

**Мельник Р.А., Коротєєва Т.О.**

НУ "Львівська політехніка", кафедра програмного забезпечення

## **СТРАТЕГІЇ ТА АЛГОРИТМИ МАКРОТРАСУВАННЯ ПЛМ**

© Мельник Р.А., Коротєєва Т.О., 2000

**Розглянуто проблеми з'єднань програмованих логічних матриць в умовах багатокритеріальності. Запропоновані нові стратегії зменшення затримки розповсюдження сигналу.**

### **Вступ**

Програмовані в умовах експлуатації логічні матриці (ПЛМ) – це гнучкий та недорогий варіант проекту інтегральних схем на замовлення для виконання будь-якої логіки. На даний