

МЕТОДИ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ГРАФІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ

Як відомо, базовим елементарним процесом розпізнавання атаки на документ є процес ідентифікації. На сьогоднішній день задача ідентифікації графічних засобів захисту може розв'язуватися з допомогою тривіальних алгоритмів порівняння образів, які необхідно ідентифікувати, з еталонними образами [1, 2]. Але такий метод розв'язку задачі не є прийнятним з точки зору затрат пам'яті, які є необхідними для розміщення еталонів всіх графічних засобів захисту, що використовуються в документах. Практичне використання такого підходу приводить до неможливості ідентифікації засобів захисту на всіх етапах технологічного процесу використання документів, які передбачають таку ідентифікацію. Необхідність великих обчислювальних ресурсів, які можуть бути забезпечені тільки в рамках використання сучасних комп'ютерів приводить до того, що на значній кількості етапів використання документа його ідентифікація проводиться лише наближено, особливо на тих етапах, на яких передбачається в рамках технології використання документів (ТВД) проводити таку ідентифікацію оперативно, що дозволяє користуватися малогабаритними ручними приладами. Низька достовірність оперативної ідентифікації, чи оперативного контролю документів приводить до значного зниження рівня захищеності документів і, відповідно, технологічного процесу в цілому. Тому необхідне таке розв'язання задачі ідентифікації документів, при якому необхідна кількість обчислювальних процесів забезпечувалася в рамках ручних малогабаритних пристроїв, реалізація яких не потребувала б складних проектних робіт по їх виготовленні.

Один з підходів до розв'язку такої задачі полягає у створенні математичної моделі побудови відповідного графічного образу по заданих параметрах, що характеризують певний конкретний образ. Основою досліджуваного методу побудови моделі графічного засобу захисту, являється синтез графового представлення графічного засобу з його геометричною інтерпретацією, яка описується геометричними параметрами. Опис графового представлення буде ґрунтуватися на використанні траєкторій, що представляють собою послідовність ребер і вершин, які можуть співпадати між собою. При цьому, в такому представленні немає необхідності виписувати всі траєкторії у вигляді їх повної довжини, оскільки побудова таких траєкторій ґрунтується на використанні системи правил їх побудови та на основі параметрів, що характеризують графічний образ з точки зору графічного засобу, як геометричної фігури.

Математична модель формується на підставі процедур і правил:

• сукупності правил, які визначають способи формування кожної окремої траєкторії T , яку будемо позначати L_i ;

¹ Українська академія друкарства

- списку початкових вершин для кожної траєкторії T_i , яку будемо позначати $E_0 = \{e_{01}, e_{02}, \dots, e_{0m}\}$;

- структури простору, в якому будуть формуватися графічні засоби захисту типу узорів, яка задається в прямокутній системі координат $\{\Xi, Z\}$ з відповідною метрикою $d(e_i, e_j) = [(\xi(e_i) - \xi(e_j))^2 + (\zeta(e_i) - \zeta(e_j))^2]^{1/2}$, яка відповідає евклідовому простору [3, 4];

- множини геометричних параметрів $\{\mu, \eta, \chi, \gamma\}$, що використовуються для вибору тих чи інших правил формування чергового елемента траєкторії T_i , яка представляє собою чергову вершину з T_i та ребро $\mathcal{D}(e_i, e_j)$, що з'єднує вершину e_i з e_j в структурованому просторі.

В загальному випадку таку модель можна формально записати у вигляді наступних співвідношень:

$$\begin{aligned} L_i^m &= L_i(e_{01} \rightarrow e_2), \dots, L_i(e_{i-k}, \dots, e_i \rightarrow e_{i+1}), \dots, L_m(e_{j-m}, \dots, e_j \rightarrow e_m), \\ E_0 &= \{e_{01}, \dots, e_{0m}\}, S(W) = \{\Xi, Z, d(W)\}, \\ P(W) &= \left\{ \left[P_{g1}, \dots, P_{gr} \right]_g \left[P_{G1}, \dots, P_{Gr} \right]_G, D(U) = \{d_1(L_i^j), \dots, d_k(L_j^k)\} \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

де $d_i(L_j^k)$ — додаткові умови, що уточнює, або доповнюють обмеження, що визначають використання правила побудови чергового елемента.

Що стосується структури простору, в якому будується графічний засіб, то виходячи з фізичної природи більшості документів, останній прийнято Евклідовим з прямокутною системою координат і визначено метрикою $d(W)$. Крім того, прийнято, що цей простір є дискретним, вузли якого, визначаються масштабом осей координат, що приймається або, задається в кожному окремому випадку окремо, в залежності від розмірів поля відведеного для Z_i на документі та технологічних можливостей процесу друкування.

Розглянемо бітьш детально систему параметрів $P(W)$, яка розділена на дві підмножини: підмножину геометричних параметрів $\{P_{g1}, P_{g2}, \dots, P_{gr}\}$ та підмножину графових параметрів $\{P_{G1}, P_{G2}, \dots, P_{Gr}\}$. Оскільки побудова моделі $M(G, Z)$ ґрунтується на синтезі всіх компонент, що складають модель, то необхідно розглянути питання про можливість синтезу цих двох підмножин параметрів P_{gi} і P_{Gi} .

Геометричні параметри P_{gi} представляють собою наступні характеристики Z_i з точки зору простору $S(W)$:

- $\mu_i(x_i, x_{i+1})$ — міру роздільності окремих елементів образу графічного засобу захисту з різними її модифікаціями, роздільністю локальною і індивідуальною $\mu^i(x_i, x_{i+1})$ та загальною мірою роздільності μ_i^2 ;

- $\eta(x_i)$ — міра насиченості зі своєю модифікацією, що пов'язана із структурою простору $\eta^s(h)$;

- $\chi_i(L_i, L_{i+1})$ — міра змінності величини роздільності, або варіація розбіжності вздовж співбіжних ліній;

- $\gamma(e_i)$ — густина засобу захисту в точці e_i , де e_i визначається вершиною графа, що описує Z_i , з її модифікацією — загальною густиною $\gamma(H)$.

До графових параметрів P_{G_i} відносяться наступні характеристики, що описують засіб захисту з точки зору графа G_i , який представляє, та апроксимують відповідний засіб захисту [5-7]:

- $\pi(G_i, G_{i+1})$ — міра подібності двох графів, що апроксимують два послідовно модифіковані і, відповідно, послідовно використовувані графічні засоби захисту Z_i і Z_j ;

- $l(\mathcal{G}_i)$ — довжина ребра графа, яка вимірюється в масштабних одиницях ξ_i, ζ_i ;

- $\alpha(\mathcal{G}_i)$ — орієнтація ребра графа, яка може бути визначена завдяки впровадженні структури простору, в якому будується граф G_i ;

- $\varepsilon(e_i)$ — найближче оточення вершини графа G_i .

Розглянемо зв'язок між приведеними параметрами P_{g_i} і P_{G_i} . Оскільки параметр $\pi(G_i, G_{i+1})$ з P_G являється інтегральним параметром для всього графа G_i , по визначенню. Тому, в першу чергу розглянемо параметри, які носять локальний характер, оскільки, основні параметри з P_{g_i} також являються локальними, наприклад, параметри η, μ, γ . Розглянемо зв'язки між параметри η, μ, γ і параметрами l, α, ε . Параметр γ визначається через параметри μ і η і носить в меншій мірі локальний характер, як і параметр π . Оскільки, геометричні параметри зв'язані із структурою графа та простору, то будемо розглядати зв'язок між параметрами P_{g_i} і P_{G_i} , як залежність $P_{g_i} = f(P_{G_i})$.

Можна прийняти, що μ означає віддаль між ребрами, що створюють співбіжні траєкторії T_i і T_{i+1} . В цьому випадку можна говорити про взаємозв'язок між μ і ε , оскільки ε описує мінімальне оточення вершини e_i , або в загальному випадку вузла ω_i простору $S(W)$. Таку залежність, в явній формі, можна описати в рамках різної міри конструктивності. Наприклад, можна написати наступне співвідношення: $\mu(x_i, x_{i+1}) \geq \varepsilon(e_i)$, якщо $(x_i \in e_i)$, або $(x_{i+1} \in e_i)$. Для відображення конструктивності цього зв'язку, можна записати наступне співвідношення:

$$[(x_i \in e_i) \vee (x_{i+1} \in e_i)] \rightarrow [\mu(x_i, x_{i+1}) = (c_i \varepsilon(e_i))], \quad (2)$$

де c_i — деяка константа.

Параметр η можна зв'язати з параметром $\alpha(\mathcal{G}_i)$. Оскільки параметр $\alpha(\mathcal{G}_i)$ означає орієнтацію окремого ребра \mathcal{G}_i , а параметр η , в певному наближенні, можна визначити як насиченість відповідного вузла ребрами з точки зору

орієнтації, то можна записати наступне співвідношення між цими параметрами:

$$\eta_i = 1 - [\alpha_i(\mathcal{G}_i) / (\pi^\circ - \alpha_i(\mathcal{G}_i))], \quad (3)$$

де $\alpha_i(\mathcal{G}_i)$ - параметр графа, π° - величина кута в одиничному колі рівна 180° .

Параметр χ визначає величину зміни μ_i вздовж співбіжних ліній L_i, L_{i+1} і описується співвідношенням:

$$\chi_i(T_i, T_{i+1}) = \left\{ \|e_{i1}(\xi_1, \zeta_1) - e_{j1}(\xi_1, \zeta_1)\| - \|e_{i1} + l_i(T_i)\| - \|e_{j1} + l_j(T_{i+1})\| \right\} / \left\{ \varphi_i(T_i) \right\} \& \left\{ l_i(\varphi_i(T_i)) = l_j(\varphi_j(T_{i+1})) \right\}, \quad (4)$$

де остання умова, що приєднується до загального співвідношення кон'юнкцією, означає рівність фрагментів φ_i і φ_j по довжині, по відношенню до координат, що задані масштабами вимірювання ξ_i, ζ_i . Необхідність цієї умови пов'язана з тим, що ребра \mathcal{G}_i , з траєкторії T_i можуть мати додаткові параметри, що визначають їх ваги. Такі значення ваг можуть присвоюватися на етапі проєктування G_i з метою розширення захисних можливостей Z_i .

Параметр $\pi(G_i, G_{i+1})$ в частині змінних m та σ визначається через параметри $l_i(\mathcal{G}_i), \alpha(\mathcal{G}_i)$ та $\varepsilon(l_i)$ і, тим самим, він може бути зв'язаним з параметрами типу P_{2P} . Можливий варіант такого зв'язку розглянемо при побудові моделі $M(G, Z_i)$.

Для того, щоб можна було говорити про формування $M(G, Z_i)$ в явній, або конструктивній формі, необхідно розглянути можливі способи конструктивного представлення сукупності правил побудови окремої траєкторії.

Побудова графу G_i що описує певний Z_i складається з побудови окремих траєкторій $\{T_1, \dots, T_m\} \in G_i$. Кожна окрема траєкторія будується на основі використання правил реалізації окремого кроку, який полягає у формуванні чергового ребра. Тому всі правила $L_i(T_i)$ розділимо на дві групи:

- локальні правила формування ребра \mathcal{G}_i , траєкторії T_i , які будемо позначати L_i^c ;
- глобальні правила різних рівнів узагальнення, які будуть визначати спосіб формування фрагментів графа G_i в процесі проєктування, чи побудови певної траєкторії T_i , які будемо позначати $L_i^{G_i}$, де індекс G_i означає, що правило відноситься до групи глобальних правил, а індекс i означає рівень глобальності відповідної групи правил;
- стратегічні правила будемо позначати символом L_i^s .

Стратегічні правила формування траєкторії визначають загальні параметри графічного образу. Наприклад, графічний образ може представляти собою сукупність ліній з певним геометричним сюжетом, або графічний образ може представляти собою сітчастий узор і т.д. Для того, щоб можна було

забезпечити відповідний геометричний сюжет, призначені стратегічні правила формування графічного засобу захисту. Слід відмітити, що проектування відповідних графічних засобів може складатися з наступних способів використання правил L_i :

- побудови окремих компонент графа G_i ;
- усунення з Z_i певних компонент графа G_i ;
- обумовлене доповнення графа G_i , додатковими елементами відповідного образу.

Побудова окремих компонент графа G_i , як певного типу формування Z_i , не потребує додаткового роз'яснення. Слід зауважити, що система правил формування елементів графа, може приводити до створення надлишкового узору графічного засобу захисту Z_i . Це обумовлюється тим, що для побудови формальними засобами певних траєкторій, які б повністю відповідали всім особливостям, що повинні бути відображеними в графічному образі досить складно. В силу формальності цих правил, вони можуть приводити до формування лишніх елементів в G_i . Тому, необхідно використовувати правила усунення певних компонент з надмірного узору у відповідності з більш частковими обмеженнями, що відображають особливості певного типу узору.

На якісному і досить наближеному прикладі доцільність використання двох типів правил можна проілюструвати наступним чином. Перший тип правил побудови компонент, які будемо позначати, як сукупність правил R , можуть реалізовувати процеси заповнення простору, в якому передбачається розмістити Z_i у відповідності з G_i певним чином сформовану структуру простору, наприклад, сітку певного геометричного типу в системі координат \mathcal{E}, Σ . Така сітка може представляти собою шестигранники на площині, ромби, чи інші фігури, що забезпечують повне, щільне покриття простору. Правила викреслювання, які будемо позначати буквою $\Omega = \{\Omega_1, \dots, \Omega_r\}$, будуть визначати спосіб вибору елементів базової структури, які повинні бути вилученими з структури простору $R/S(W)$. Таким чином, у поєднанні з правилами локального формування траєкторій, можна отримати траєкторії T_i , які мають власну структуру.

Спосіб обумовленого доповнення графу G_i , дозволяє в рамках збудованого G_i формувати скриті контури, або скриті рисунки, що може широко використовуватися в графічних засобах захисту. Скриті контури мають певну геометричну інтерпретацію у вибраній предметній області. При проведенні таких контурів виникає необхідність у додаванні окремих додаткових компонент до графічного образу, типу узору. Розглянемо у зв'язку з цим наступне визначення.

Визначення 3.1. Скритими графічними образами являються такі образи, контури яких визначені в графічному засобі захисту таким чином, що траєкторії T_i^* , які описують відповідні скриті образи, включають в себе менше ніж λ - додаткових елементів графу G_i .

Число λ визначає ступінь скритості відповідного образу в середовищі графічного засобу Z_i . Якщо $\lambda = 0$, то скритий образ вважається невизначеним. Якщо $\lambda = k$, але таке доповнення не приводить до змін геометричних параметрів Z_i , які є недопустимими, то образ вважається скритим. Якщо число $\lambda = k_i$ і приводить до змін геометричних параметрів у фрагментах, де додаються

додаткові елементи, то образ перестає бути скритим. Тому величина діапазону допустимих змін параметрів μ, η, χ визначає міру скритості образу, який є додатковим до графічного засобу Z_i , що формується, як видимий узор.

Приведені способи використання правил L_i в різній мірі стосуються різних типів правил. При побудові графічних образів, можуть використовуватися в рамках правил L_i^e, L_i^G, L_i^s різні способи, або тільки один спосіб типу R . В цьому випадку правила L_i будуть найбільш складними. Якщо ж правила з L_i передбачають можливість їх використання в режимі правил типу Ω , то така система правил буде більш простою. Кожний з цих випадків будемо позначати $L_i(R)$ чи $L_i(\Omega)$. Слід відмітити, що загальна система правил L_i не може складатися тільки з правил типу Ω . Цей факт являється тривіальним, оскільки, перш ніж щось викреслювати необхідно щось сформувати.

Розглянемо, як введені способи використання правил формування Z_i , можуть співвідноситися з приведеними вище типами правил L_i^e, L_i^G, L_i^s . Що стосується типу використання правил, що полягає у обумовленому розширенні G_i , то цей тип використання може вживатися тільки в рамках правил групи L_i^s , або групи стратегічних правил. Оскільки такий спосіб використання правил передбачає введення скритих образів в середовище графічного засобу, то очевидно, що графічний засіб повинен бути сформований повністю. Це не означає, що для формування графічного образу, його явної частини, уже не можуть використовуватися правила групи L_i^e . Правила, що визначають спосіб введення скритого образу, будемо позначати буквою $U = \{U_1, \dots, U_m\}$.

Отже система правил $L(G)$ може складатися з правил типу L_i^e, L_i^G, L_i^s . В кожній групі правил можуть, з врахуванням приведених вище обмежень, включатися правила, які можна використовувати різними способами, або правила типу $L_i(R), L_i(\Omega)$ і $L_i(U)$.

Література

1. *Верхаген Х., Дейн Р., Грун Ф., Йостен Й, Вербен П.* Распознавание образов. Состояние и перспективы.— М.: Радио и связь, 1985.
2. Распознавание образов и анализ изображений: Новые информационные технологии: (РОАИ-1-91): I все союз. Конф.: Тезисы докладов.— Минск: 1991.
3. *Цыпкин А. Г.* Справочник по математике для средних учебных заведений.— М.: Наука, 1983.— 480с.
4. *Александров П. С.* Курс аналитической геометрии и линейной алгебры.— М.: Наука, 1979. 580с.
5. *Алексеев В. Б., Ложкин С. А.* Элементы теории графов, схем и автоматов. Учеб. Пособие.— М.: Издательский отдел ф-та ВМиК МГУ, 2000.— 58 с.
6. *Магзунов Т. М.* Графы, сети, алгоритмы и их приложения. Ташкент, Фан, 1990, 120 с.
7. *Карелина А. В., Печерський Ю. Н.* Теоритико-графические методы в распознавании образов. Кишинёв — Штиинца, 1978.