

УДК 004.942

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МОДИФІКАЦІЇ  
МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ

Б. В. Дурняк<sup>1</sup>, М. М. Кляп<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Українська академія друкарства,  
вул. Підголюско, 19, Львів, 79020, Україна

<sup>2</sup>ДВНЗ “Ужгородський національний університет”  
пл. Народна, 3, Ужгород, 88000, Україна

*Досліджено методи модифікації моделей систем прогнозування. Висвітлено прогресивні та монотонні процеси, які відбуваються у компоненті  $OPr_i$ . Простежено взаємозв'язок із довідками та компонентами системи прогнозування, а також описано структури реалізації процесу  $OPr_i$ .*

**Ключові слова:** методи модифікації моделей систем, прогнозування, система захисту, небезпеки для системи.

Методи модифікації систем прогнозування можуть бути різноплановими щодо цілі модифікації та впливу на загальний процес функціонування системи, в межах якої використовують відповідне прогнозування. Основними причинами необхідності проведення дослідження методів модифікації є:

- у межах загальної системи модифікація реалізується в автоматизованому режимі;
- залежно від цілей модифікації, вона може поширюватися на суміжні компоненти;
- методи модифікації повинні бути узгодженими з методами розв'язання задач, які реалізуються в компонентах, що підлягають модифікації;
- модифікація системи прогнозування має відповідати цілі розв'язання задачі, яка виходить за межі прогнозування;
- модифікація системи повинна забезпечувати такі зміни значень параметрів, які характеризують ціль розв'язуваної задачі, і модифікація відносно цілі забезпечує позитивну інтерпретацію відповідних змін.

Реалізація процесів модифікацій в автоматизованому режимі передбачає встановлення критеріїв, які визначають доцільність модифікації, та розроблення методів модифікації, які були б придатні для модифікування різних компонент системи і давали можливість реалізувати різні типи модифікацій. В іншому випадку засоби модифікації будуть громіздкими, а їх використання — неефективним. При реалізації автоматизованих засобів модифікації необхідно розробити методи, за допомогою яких можна виявити необхідність її проведення.

Однією з функціонально важливих є компонента, що реалізує процес прогнозування  $Vp_i$ . Модель прогнозування, яка описує її  $M(PR_i)$ , пов'язана з компонентою, що передбачає використання результату  $ZPr_i$ , з компонентою, що зумовлює виникнення випадкової величини  $Vp_i$ , або з компонентою  $OPr_i$ . Для того щоб забезпечити необхідні параметри  $Vp_i$ , компонента  $PR_i$ , яка реалізує

процес прогнозування  $PR_p$ , до останньої повинні подаватися дані, що дозволять в необхідній мірі забезпечити задані параметри  $Vp_i$ . У зв'язку з цим може виникнути потреба у певній модифікації відповідної компоненти  $OPr_i$  або моделі, що її описує.  $M(OPr_i)$  може виявитися ефективнішою з погляду забезпечення заданих параметрів  $Vp_i$  завдяки тому, що відповідне розширення  $M(OPr_i)$  наблизить до більшої відповідності  $M(OPr_i)$  відносно самого процесу  $OPr_i$ , оскільки існує поріг такої міри адекватності  $\mu[M(OPr_i)]$  до  $OPr_i$ , при якій використовувати  $M(PR_p)$  не буде необхідності.

Однотимчасне розширення  $M(OPr_i)$  та  $M(PR_p)$  забезпечує вищу взаємну відповідність між процесами  $OPr_i$  та  $PR_p$ , що дає змогу уникати функціональних похибок в цілій  $S(UPR)$ .

Методи модифікації повинні пов'язуватися з ціллю задач, які розв'язуються в межах технологічного процесу. В цьому разі базовою ціллю використання системи прогнозування  $S(PR_p)$  є захист  $DTP$  від негативних впливів випадкових факторів, які інтегруються як випадкові події  $Vp_i$ . Такий зв'язок полягає у тому, що параметри  $Vp_i$  мають відповідати тим вимогам, які формуються в межах системи, що розв'язує основну задачу, сформульовану з ціллю функціонування системи. Наприклад, якщо є точність моменту часу, в якій передбачається виникнення  $Vp_i$  є  $\delta t_i$ , а для компоненти  $ZPr_i$  така точність може бути меншою або рівною  $\Delta t_i$ , де  $\Delta > \delta$ , то недоцільно модифікувати  $M(PR_p)$  для підвищення точності величини параметра  $\delta t_i$ . Тому узгодженість між модифікацією компонент  $S(PR_p)$  і ціллю задачі повинна розглядатися не тільки на рівні певних діапазонів, значень і параметрів, а й на рівні збереження певних функціональних можливостей окремих компонент, насамперед компоненти  $M(PR_p)$ . Прикладом таких функціональних можливостей може бути кількість параметрів, стосовно яких реалізується прогнозування події  $Vp_i$ . Здебільшого в межах  $M(PR_p)$  реалізується прогнозування відносно одного параметра  $Vp_p$ , яким є момент виникнення  $Vp_i$  [1, 2]. У разі коли ціллю розв'язання задачі захисту  $DTP$  від негативного впливу  $Vp_p$ , якщо йдеться про захист системи управління  $DTP$ , то крім моменту появи  $Vp_p$ , що є параметром часу  $Vp_p$ , важливим є параметр, який характеризує тип  $Vp_i$ . Прикладом одного з типів  $Vp_i$  може бути несанкціонований доступ до системи управління або блокування зв'язку одного з фрагментів програмної системи з іншими фрагментами і т. д. [3].

Логічно прийняти, що модифікація компоненти  $M(PR_p)$  призводить до необхідних змін значень параметрів події  $Vp_p$ , що прогнозується. Це означає, що модифікація  $M(PR_p)$  стосується лише задач прогнозування. Зміни в  $M(PR_p)$  можуть спричинити проведення відповідних модифікацій в інших компонентах, найперше в компоненті, яка використовує дані прогнози. Наприклад, якщо в процесі прогнозування розпізнається тип  $Vp_p$ , то в моделі зовнішнього процесу  $M(ZPr_i)$  повинна існувати можливість протидіяти відповідному типу  $Vp_p$ , якщо в  $M(ZPr_i)$  такої можливості немає, то ця компонента потребує відповідного розширення.

- Особливістю  $OPr_i$  є те, що модифікація  $M(OPr_i)$  може бути таких типів:
- модифікація  $M(OPr_i)$ , яка підвищує міру адекватності  $\mu(OPr_i)$  моделі  $M(OPr_i)$  відповідному процесу  $OPr_i$ ;
  - процес  $OPr_i$  може змінюватися таким чином, що ці зміни стають нехарактерними для змін, які уже відбувалися в довкіллі;
  - зміни в  $OPr_i$  можуть мати характер різких змін значення параметрів.

Оскільки  $OPr_i$  є процесом, що належить до довкілля, то в  $OPr_i$  можуть відбутися зміни, які зумовлюють потребу заміни наявних у  $M(OPr_i)$  фрагментів на інші, яких в  $M(OPr_i)$  немає, а не лише додавання нових змінних. Процеси в  $OPr_i$  можуть мати не прогресивний характер. Це означає, що в  $OPr_i$  значення параметрів змінюється монотонно, та коли поява нових — не суперечить наявним, а нові лише доповнюють їх, то такі зміни називають прогресивними. Якщо наведені умови не виконуються, то зміни в  $OPr_i$  називають непрогресивними або немонотонними. Немонотонний розвиток процесу  $OPr_i$  може призводити до необхідності зміни моделі  $M(OPr_i)$ , що може реалізовуватися на основі використання класу моделей, які стосуються процесів  $OPr_i$ , які становлять довкілля.

Крім немонотонних змін, у зовнішньому середовищі можуть відбуватися зміни, що полягають у замінах типів фізичних процесів, які його характеризують. У такому разі виникає необхідність змінювати не лише моделі  $M(OPr_i)$ , а й зовнішні процеси і, відповідно, моделі  $M(ZPr_i)$ . Це пов'язано з тим, що при порушенні монотонності в  $OPr_i$  принципово змінюється випадкова подія  $Vp_i$ , яка використовується в  $ZPr_i$  у частині аналізу цієї події, результати якої є основою для формування засобів захисту  $DTP$ . Розглянемо прогресивні та монотонні зміни в  $OPr_i$  детальніше.

Для конкретнішого аналізу задач модифікації системи прогнозування випадкових подій  $Vp_i$ , які визначаються як події, що негативно впливають на  $DTP$ , прийемо, що цілком використання системи  $S(OPr_i)$  є захист певного технологічного процесу, у цьому випадку —  $DTP$ . Обмежимося проблемами захисту електронних інформаційних систем управління, які використовуються в  $DTP$ . Для того щоб можна було отримати конструктивні результати, спочатку будемо розглядати проблеми модифікації кожної з компонент окремо.

У межах системи  $S(OPr_i)$  усі процеси моделюються, а тому досліджуватимемо відповідні моделі  $M(OPr_i)$ ,  $M(OPr_i)$  та  $M(ZPr_i)$ . Розглянемо модель  $M(OPr_i)$ . Прийемо, що має місце умова  $\mu[M(OPr_i), OPr_i] \neq 1$ , або  $Ek[M(OPr_i)] < 1$  і  $0 < Ek[M(OPr_i)] < 1$ .

У разі коли  $Ek[M(OPr_i)] = 1$  означає, що  $OPr_i \equiv M(OPr_i)$  у межах сформульованої задачі захисту  $DTP$  від дії  $Vp_i$ . Якщо  $Ek[M(OPr_i)] = 0$  означає, що  $OPr_i \rightarrow \neg M(OPr_i)$  або  $M(OPr_i)$  не відповідає  $OPr_i$ . Якщо  $\mu[M(OPr_i)] = \min Ek[M(OPr_i)]$ , то модель  $M(OPr_i)$  є структурою, яка не вміщає в собі жодного фрагмента, який відповідав би частковому опису процесу  $OPr_i$ . Єдине, що в цьому випадку є спільним між  $OPr_i$  і  $M(OPr_i)$ , це такий вигляд моделі, який представляє інтерпретацію даних, що сформовані в  $OPr_i$ , для моделі прогнозування  $M(OPr_i)$  [4]. Ситуацію, коли  $Ek[M(OPr_i)] = 1$  не будемо розглядати, бо

в цьому разі відповідає необхідність використання моделі  $M(OPr_j)$ , як зазначалось вище. Якщо має місце співвідношення:

$$\mu[M(OPr_i)] = \max Ek [M(OPr_i)], \quad (1)$$

то це означає, що модель  $M(OPr_i)$  повністю описує структуру  $OPr_i$ , але вміщає неявні функції, які описують взаємозв'язок між вихідними параметрами  $\{x_{i1}, \dots, x_{im}\}$ , що передаються в  $M(OPr_j)$ , і вихідними даними, які є аргументами у відповідній неявній функції  $x=f(\xi_{ij})$ , що входить у структуру  $M(OPr_j)$ . В цьому разі приймемо, що модель складається з певних функцій. Погодимось також, що кількість таких функцій  $n$  є більша за одиницю. В іншому разі для  $M(OPr_j)$   $\mu = \min Ek[M(OPr_j)]$ . Такі функції  $x_{ij} = f(\xi_{i1}, \dots, \xi_{ik})$  є певною структурою. Це означає, що існує можливість певним чином впорядкувати взаємозв'язок між цими функціями. Прикладом такої структури може бути співвідношення:

$$L = L[x_{ij}^{v1}, \dots, x_{km}^{ve}] = \{[x_{ij}^{v1} = f_1(\xi_{i1}, \dots, \xi_{ik}) \rightarrow x_{ig}^{v2} = f_{i+1}(x_{i1}^{v1}, \dots, x_{ik}^{v1})] \& \& [x_{im}^{v3} = f_{i+k}(x_{i1}^{v1}, \dots, x_{ik}^{v2}, \dots, x_{ie}^{v1})] \dots \& [x_{j1}^{vk}, \dots, x_{jk}^{vh}]\}, \quad (2)$$

де  $x_{ij}^{ve}$  — параметр, що використовується в межах моделі  $M(OPr_j)$ , верхній індекс означає, що відповідна зміна, яка є аргументом, являє собою проміжну змінну, що використовується у внутрішніх перетвореннях у рамках моделі  $M(OPr_j)$ . Наведене співвідношення означає, що зовнішні фактори, які описують процес  $OPr_i$  як зумовлюваний, як мінімум повинні бути визначені на рівні логічних описів взаємозв'язків виділених в цьому процесі змінних. Процеси функціонування  $OPr_i$  описані в моделі  $M(OPr_j)$ , демонструють усі можливі варіанти реалізації  $OPr_i$  відповідними зовнішніми чинниками. Це не означає, що в кожному конкретному випадку у процесі функціонування  $OPr_i$  беруть участь всі компоненти, які входять у формулу  $L = L[x_{ij}^{v1}, \dots, x_{km}^{ve}]$ . У багатьох випадках окремі функціональні перетворення, що реалізуються в  $OPr_i$ , являють собою послідовну структуру, або:

$$L^* = L_i \{ [x_{i1}^{v1} = f_1(\xi_{i1}, \dots, \xi_{ik})] \rightarrow [x_{i2}^{v2} = f_2(\xi_{21}, \dots, x_{i1}^{v1}, \dots, \xi_{2m})] \rightarrow [x_{ik}^{vq} = f_k(x_{ir}^{vm}, \dots, \xi_{ij}, \dots, x_{ig}^{vk})] \}. \quad (3)$$

Розглянемо таке твердження.

Твердження 1. Кожна реалізація процесу  $OPr_i$  в  $M(OPr_j)$  незалежно від логічності структури  $M(OPr_j)$  вибудовується у послідовну структуру.

Формально це можна записати у вигляді співвідношення:

$$\{L = L(x_{ik}^{v1} * \dots * \xi_{ij} * \dots * x_{iq}^{vk}) \rightarrow (x_{ik}^{v1} \rightarrow x_{ie}^{vq} \rightarrow \dots \rightarrow x_{im}^{v3})\}. \quad (4)$$

Для опису логіки процесу  $OPr_i$  використовують повну систему операторів  $\{\&, \vee, \rightarrow, \neg\}$ . Доведення побудуємо на основі послідовного аналізу кожного бінарного оператора. Нехай в  $L$  існує пара  $x_i \& x_j$ . Відповідно до формули  $\neg(x_i \& x_j) \Rightarrow \neg x_i \vee \neg x_j$ , можна від  $x_i \& x_j$  перейти до диз'юнкції. На основі перетворення диз'юнкцій  $(\neg x_i \vee x_j) \Rightarrow x_i \rightarrow x_j$  можна перейти до імплікації, яка допускає інтерпретацію послідовного переходу між виділеними подіями  $x_i, x_j$ . Апелюючи до того, що система логічних функцій є повною, відповідні перетворення не призведуть до виникнення суперечностей. Усі події, які виділяються в  $OPr_i$ , допускають бінарну інтерпретацію, яка означає настання чи нена-

стання чергової  $x_i$  або  $x_j$ , то в межах  $L [ x_{ij}^{vl}, \dots, x_{km}^{ve} ]$  завжди можна перейти до послідовної структури, або існує виведення:

$$L [ x_{ij}^{vl} * \dots * x_{km}^{ve} ] \rightarrow [ x_{ij}^{vl} \rightarrow \dots \rightarrow x_{km}^{ve} ]. \quad (5)$$

Якщо  $L [ x_{ij}^{vl} * \dots * x_{km}^{ve} ]$  на певному етапі функціонування  $OPr_i$  стає рівною нулю, то відповідна реалізація одного з варіантів процесу з  $OPr_i$  не впливає на  $DTP$ , а тому в межах моделі  $M(OPr)$  не приводить до формування вхідних змінних для  $M(PR_i)$ .

Якщо кожен вузол структури  $M(PR_i)$  являє собою неявну функцію  $x_i^{vj} = f_i(\xi_{il}, \dots, \xi_{ik}, \dots, x_{ie}^{vk}, \dots, x_{ih}^{vm})$ , то кожне значення проміжної змінної та відповідної кінцевої змінної  $x_i$  інтерпретують як випадкову величину. Модифікація  $M(OPr)$  повинна ініціюватися відповідно до загальних параметрів системи. Доцільність реалізації модифікацій має бути зумовлена метою розв'язуваної задачі за допомогою  $SUB$ . Щоб говорити про певні цілі функціонування  $SUB$ , необхідно перейти до інтерпретації відповідних задач, які були б загальними для всіх розв'язуваних задач та для всіх компонент, що входять до системи. В цьому випадку розв'язування задачі модифікації буде розподілятися по всій системі  $SUB$ . Такий розподіл повинен описуватися формальними засобами та впливати з потреби забезпечення такого розв'язку задачі, який відповідав би встановленим відносно системи  $SUB$  значенням одночасно декількох загальних параметрів, які будемо називати інтегральними параметрами. Його прикладом може слугувати міра безпеки, яку повинна забезпечувати система  $SUB$ , якщо вона орієнтована на розв'язання задач захисту  $DTP$ .

Критерії активізації модифікації цілої системи  $SPR$  і окремих її компонент стосуються системи і реалізуються окремими компонентами у результаті аналізу їх можливостей стосовно забезпечення необхідного рівня безпеки, яку повинна забезпечити система захисту. Оскільки інтерпретація різних рівнів безпеки системи  $SUB$  безпосередньо залежить від конкретних можливостей та вимог об'єкта захисту, яким є  $DTP$ , то аналізу об'єкта в цьому аспекті проводити не будемо, а приймемо, що рівні безпеки задано початковими даними, за якими формуються вимоги до рівня безпеки. Введення певного діапазону величини значень для  $BS$  ґрунтується на таких фактах:

- забезпечення окремого рівня безпеки потребує певних ресурсів, в цьому випадку — інформаційно-обчислювальних, більшість з яких орієнтована на виконання задачі управління засобами  $DTP$ ;
- залежно від вимог, яким повинна відповідати продукція, в межах  $DTP$  можна використовувати лише частину засобів, що можуть потребувати певного захисту;
- залежно від режиму роботи  $DTP$ , захист може бути потрібний тільки від певного типу загроз;
- рівень захищеності  $DTP$  доцільно пов'язувати з реальними загрозами, які не тільки існують в довкіллі, а й здійснюють атаки на  $DTP$  загалом.

У межах кожного технологічного процесу існує технологічний захист, який реалізується у вигляді окремих функцій  $DTP$ . Прикладом можуть бути

засоби перевірки допустимих значень параметрів  $DTP$ , частота використання певних параметрів протягом встановленого циклу функціонування  $DTP$  та інші. Ці засоби захисту реалізуються в межах системи управління  $DTP$ , а тому цей рівень захисту з точки зору  $SPR$  дорівнює нулю. Розглянемо граничні значення рівня безпеки  $DTP$ , який забезпечується системою  $SUB$ .

Фактори, які впливають на рівень захищеності  $BS$ , забезпечувані системою захисту  $SUB$ :

- кількість типів захисту, які передбачені в  $M(ZPr_i)$ ;
- захищеність  $\eta_p$ , яка забезпечується одним засобом і може мінятися у межах власного діапазону значень;
- адекватність моделі небезпек, які приймаються як процеси, що зумовлюють виникнення негативних подій  $Vp_i$ , які при вибраній інтерпретації називаються атаками на  $DTP$ , що можна записати як:

$$\mu [M(OPr_i), OPr_i]. \quad (6)$$

У межах цієї інтерпретації погодимось з положеннями, на основі яких будуватимемо систему захисту  $SZ(DTP)$ .

Оскільки  $SZ(DTP)$  загалом має розглядатися як динамічний процес, то цей аналіз проведемо після того, як розглянемо окремі компоненти та засоби їх модифікації не з загальної точки зору, а з урахуванням функціональної орієнтації цих компонент.

Додатково розглянемо компоненту  $OPr_i$  і її модель. Відповідно до наведеної інтерпретації, це сукупність небезпек, яка може ініціювати появу  $Vp_i$  в довільний момент часу. Це означає, що  $M(OPr_i)$  можна описати співвідношенням, яке відображає інтерпретацію процесів  $OPr_i$  і являє собою опис небезпек, наявних у довкіллі. Окремому процесу відповідає певна небезпека, або:

$$x_{ij}^{vk} = f_i(x_{ie}^{vm}, \dots, x_{i(e+g)}^{vr}), \quad (7)$$

де  $x_{ie}^{vm} = f_i(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})$  — модель окремої небезпеки, яка залежить від зовнішніх параметрів  $\xi_{ik}$ , а змінні  $x_{ij}^{ve}$  — відповідають параметрам, які виникають в результаті взаємодії небезпеки  $x_{ij}^{vm}$  з небезпеками  $x_{ij}^{vk}$ . Для спрощення аналізу не розглядатимемо в межах  $OPr_i$  взаємодії окремих небезпек між собою, а приймемо, що кожна небезпека  $x_{ij}^{vm}$  залежить від власних параметрів  $\xi_{ij}$ . Оскільки небезпеки  $x_{ij}^{vm}$ , як уже зазначалось, можуть існувати в певному оточенні  $DTP$ , але не активізовувати атаки, то виникає завдання визначення ймовірності того, що атаку від окремої небезпеки буде ініційовано. Цей факт в межах  $M(OPr_i)$  відображається тим, що функція  $x_{ie}^{vm} = f_i(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})$  задається у неявній формі, а також тим, що в цій функції можуть бути відсутні параметри, які описують або визначають можливість активізації атаки відповідною небезпекою. Тому параметри  $x_{ie}^{vm}$ , які визначають певні величини, приймаються як випадкові значення. Це ґрунтується на тому, що на формування величини такого значення  $x_{ie}^{vm}$  впливають фактори або аргументи, які визначають, чи  $x_{ie}^{vm}$  буде активізуватися, чи ні. Приймемо, що відповідні аргументи  $\xi_{ij}$  та їх значення є невідомими. В межах цієї інтерпретації моделі  $M(OPr_i)$  модель  $M(OPr_i)$  повинна розв'язати задачу прогнозування того факту, що атака певного

типу, яка відповідає типу небезпеки, виникне, і ця випадкова подія визначалась як  $Vp_i$ . Якщо розвивати наведену інтерпретацію  $Vp_i$  і  $M(OPr_i)$ , то можна стверджувати, що її модифікація полягає у заміні неявних функцій на явні. Вона може допускати розширення кількості змінних, які використовуються в неявних функціях:

$$\{x_{ij}^{vi} = f_i(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})\} \rightarrow [x_{ij}^{vi} = a_{i1} \xi_{i1}^2 + \sin \xi_{i2} + \xi_{i3} + a_{i2}] \quad (8)$$

Очевидно, що функція, наведена справа від стрілки, в цьому випадку ілюструє факт явного відображення функції, наведеної зліва від стрілки. Явний вигляд функції  $x_{ij}^{vi} = f_i(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})$  формується на основі додаткових відомостей про відповідну небезпеку.

У конкретному випадку йдеться про автоматизований процес модифікацій. Він реалізується так: у результаті використання неявної функції  $x_{ij}^{vi} = f_i(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})$ , отримуємо певне значення  $x_{ij}^{vi}$ , яке подається на вхід моделі  $M(PR_i)$ . Вона із певною ймовірністю визначає, чи подія  $V_{pi}(x_{ij}^{vi})$ , чи ні. Якщо прогноз підтвердиться, то в рамках  $M(PR_i)$  отримуємо значення  $y_{ij} \dots x_{ij}^{vi}$ . Цю відповідність приймемо як наявність зв'язку між  $x_{ij}^{vi}$  та  $y_{ij}$ . Пара  $[y_{ij}, x_{ij}^{vi}]$  приймається як значення деякої функції  $y_{ij}$ , аргументом якої є  $x_{ij}^{vi}$ . Коли у межах  $M(PR_i)$  набирається певна кількість таких пар, то виникає можливість формувати функцію  $y_{ij} = \varphi(x_{ij}^{vi})$  у вигляді полінома, що апроксимує цю залежність. Його позначимо так:  $y_{ij} = P_l(x_{ij1}^{vi}, x_{ij2}^{vi}, \dots, x_{ij}^{vi})$ . Такий поліном інтерпретується як явний опис функції, що описує залежність між небезпекою та фактом активізації атаки на DTP. Це означає, що подія

$$Vp_i = P_l(x_{ijk}^{vi}), \quad (9)$$

де  $(k = 1, \dots, m)$ . Завдяки цьому в межах моделі  $M(OPr_i)$  замість неявного фрагмента  $x_{ij}^{vi} = f_i(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})$  використовується явна функція, яка визначає можливість виникнення атаки  $V_{pi} = P_l(x_{ijk}^{vi})$  незалежно від моделі прогнозування  $M(PR_i(x_{ij1}^{vi}, x_{ij2}^{vi}, \dots, x_{ijk}^{vi}))$ . Очевидно, що в кожному циклі функціонування  $Vp_i = P_l(x_{ijk}^{vi})$  буде приймати різні значення, оскільки початкові зміни  $(\xi_{i1} * \dots * \xi_{ik})$ , які визначають  $x_{ij}^{vi}$ , міняються. Це призводить до того, що значення  $Vp_i = P_l(x_{ijk}^{vi})$  буде мати різні величини  $Vp_i = \alpha_i$ . Якщо таке значення попадає в діапазон величин, в якому відповідна подія  $Vp_i$  допускає інтерпретацію атаки, то ця подія передається до моделі  $M(ZPr_i)$ .

Наведений вище опис відображає один з можливих методів модифікації  $M(OPr_i)$ , який приводить до того, що модель  $M(OPr_i)$  стає адекватнішою процесу  $OPr_i$ . В цьому випадку величина адекватності  $\mu[M(OPr_i), OPr_i] = Ek[M(OPr_i)]$  вимірюється кількістю замін неявних функцій в  $M(OPr_i)$  на явні функції.

Міра адекватності, як було зазначено, визначається опосередковано такими способами модифікацій  $M(OPr_i)$ , які приводять до того, що  $OPr_i \equiv M(OPr_i)$ . Оскільки  $\mu[M(OPr_i)] = Ek$  задається на інтервалі  $[0, 1]$ , то:

$$\mu[M(OPr_i)] = (\sum_{i=1}^n ||M(OPr_i)||) / (\sum_{i=1}^n ||OPr_i||), \quad (10)$$

де  $||f(x)|| = 1$ , якщо  $f(x) \neq 1$  і  $||f(x)|| = 0$ , якщо  $f(x) = 0$ . Це означає, що чим більше явно заданих функцій, які описують фрагменти в  $OPr_i$ , тим більше значення

$\mu[M(OPr_i)]$ . Але може виявитися ситуація, коли  $\mu [M(OPr_i)]$  досить велике, наприклад  $Ek = 0,8$ , а рівень безпеки  $BS$  порівняно малий або менший від випадку, коли  $Ek = 0,99$ . Це означає, що заміна  $x_{ij}^{vi} = f_i(\zeta_{i1} * \dots * \zeta_{ik})$  на  $x_{ij}^{vi} = P_i(x_{ijk}^{vi})$  не відображає реальних загроз, які створюють відповідні небезпеки, що описуються явними функціями. Це може відбуватися тоді, коли характер з фрагмента  $OPr_i$ , наприклад  $x_{ij}^{vi} = f_i(\zeta_{i1} * \dots * \zeta_{ik})$ , змінився настільки, що апроксимація цієї функції поліномом  $P_i(x_{ijk}^{vi})$  перестала відповідати реальному стану небезпеки. Така невідповідність виникає через те, що  $Vp_i [P_i(x_{ijk}^{vi})]$  не попадає в межі діапазону  $[\alpha_i, \beta_i]$ , в якому  $Vp_i$  визначається як певна подія, що може негативно впливати на  $DTP$ , або означає, що атака зі сторони  $OPr_i$  не виявлена. Це призводить до відсутності активізації в моделі  $M(ZPr_i)$  протидії відповідній атаці  $Vp_i$ , і остання успішно реалізує в  $DTP$  свою дію. Для розв'язання цієї задачі необхідно дослідити проблему динамічної модифікації системи управління  $S(OPr_i)$ , яка організує процес функціонування системи  $S(PR) = \{M(OPr_i), M(PR), M(ZPr_i)\}$ .

Розглянемо деякі аспекти впливу модифікації  $M(OPr_i)$  на моделі  $M(PR)$  та  $M(ZPr_i)$ . До них належать такі особливості, що стосуються цих моделей:

- модифікація  $M(OPr_i)$  через заміну  $x_{ij}^{vi} = f_i(\zeta_{i1} * \dots * \zeta_{ik})$  на  $y_{ij} = P_i(x_{ij1}^{vi}, x_{ij2}^{vi}, \dots, x_{ijk}^{vi})$  призводить до необхідності вилучати з процесу прогнозування відповідну подію  $Vp_i$ ;
- модифікація  $M(OPr_i)$  може полягати не тільки в заміні неявної функції в моделі на явну, а й у змінах структури  $M(OPr_i)$ .

Така заміна структури реалізується на логічному рівні моделі  $M(OPr_i)$  і зумовлюється виникненням взаємодії між різними небезпеками.

Якщо в межах  $OPr_i$  виникає нова небезпека відносно тих небезпек, які уже передбачені в  $M(OPr_i)$ , то виникає задача формування процесу включення цієї нової небезпеки в  $M(OPr_i)$  і, відповідно, в  $M(ZPr_i)$ .

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тюрин Ю. Е. Статистический анализ данных на компьютере / Ю. Е. Тюрин, А. А. Макаров. — М. : Инфра-М, 1998.
2. Шурыгин А. М. Регрессия: выбор моделей и устойчивое оценивание / А. М. Шурыгин // Автоматика и телемеханика. — №6. — 1996.
3. Столлинг В. Основы защиты сетей. Приложения и стандарты / В. Столлинг. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2002.
4. Поршнев С. В. Компьютерный анализ и интерпретация эмпирических зависимостей / С. В. Поршнев, Е. Б. Овечкина, М. В. Мащенко, А. В. Каплан, В. Е. Каплан. — М. : ООО «Бином-Пресс», 2009.
5. Лихачёв В. В. Основы управления качеством печатной продукции : учебное пособие / Лихачёв В. В. — М. : МГУП, 1999.
6. Петров А. А. Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты / А. А. Петров. — М. : ДМК, 2000.

## RESEARCH OF MODIFICATION METHODS OF FORECASTING MODELS

B. V. Durnyak<sup>1</sup>, M. M. Klyap<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine*

<sup>2</sup>*SHEE "Uzhgorod National University"  
3, Narodna Square, Uzhgorod, 88000, Ukraine*

*Modification methods of forecasting models have been researched. Progressive and monotonous processes which take place in the component  $OPr_i$  have been reflected. The interconnection has been traced with the environment and components of the forecasting system and the structures of realization of  $OPr_i$  process have been shown.*

**Keywords:** *modification methods of the systems models, forecasting, system of defence, danger for the system.*

*Стаття надійшла до редакції 22.01.2015.*