

Приведені основні кроки реалізації процесу синтезу реалізуються на всіх наближеннях моделі TM_i починаючи з моделі GM_i . Після успішного завершення синтезу на моделі GM_i , реалізується синтез на моделі LM_i . Додатково до перевірки семантичних параметрів, в рамках моделі LM_i реалізуються перевірки логічних параметрів результуючої моделі LM_i^* , до яких відносяться логічна суперечність, повнота системи початкових співвідношень, що використовуються для реалізації процесів виводу співвідношень, які описують цільові фрагменти $tm_i(IP_i)$. На останньому кроці синтезу TM_i і IP_i реалізуються процедури виводу цільових текстових фрагментів, що безпосередньо пов'язані з цільовими текстовими фрагментами, які описані в IP_i . На цьому етапі, в першу чергу, перевіряються всі класи та всі типи параметрів σ для TM_i^* .

1. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. М.: Наука, 1971. – 320 с.
2. Солсо Р. Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2006. -589 с.
3. Касьянов В.О. Суб'єктивний аналіз. К.: НАУ, 2007. -512 с.
4. Городецкий Б.Ю. Функциональная грамматика и вычислительная семантика // Проблемы функциональной грамматики. М.: Наука, 1985. с. 142-155.
5. Ухаев Р.Т. Социология. М.: Книга Сервис, 2003. -320 с.
6. Цыганков В.В., Бухарин С.Н. Информационные войны в бизнесе и политике. Теория и методология. М.: Академический Проект, 2007. -336.
7. Психология масс. Хрестоматия. Самара: Издательский Дом «БАРАН-М», , 2006. - 592 с.

Поступила 3.02.2011 р.

УДК 680.03

О.Ю.Афанасьева, Б.В.Дурняк, Ю.М.Коростіль

МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ НЕПРОЕКТНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ

Рассматриваются проблемы выявления неprojektных неисправностей. Исследуются параметры, которые характеризуют основные виды неисправностей, анализируются задачи определения их параметров.

Ключевые слова: модели, диагностика, неисправности, угрозы, процессы.

Діагностування неprojektних несправностей (NN) є однією з важливих задач технічної діагностики. Методи розв'язку цієї задачі ґрунтуються на наступному визначенні, яке формулюється на якісному рівні.

Визначення 1. Непроєктною несправністю є несправність, кінцева форма прояву якої є відома, але не відомі є причини, що обумовлюють її виникнення.

Крім причин виникнення NN , можуть бути не відомими певні етапи розвитку NN . Природно прийняти, що NN може виникати тільки після появи проектних несправностей (PN), які виникають в технологічному об'єкті (TO). Теоретично, може мати місце ситуація, коли NN виникають незалежно від того, чи передували їм PN , чи ні. Це може свідчити про не до кінця коректне проектування відповідного TO . Для того, щоб можна було розділити клас NN від класу PN , прийемо, що PN можуть мати різну величину загрози для функціонування TO , яку будемо позначати $\mu(PN)$. Логічно $\mu(PN_i)$ пов'язати з наслідками, до яких може привести окрема PN_i , але в цьому випадку методика визначення $\mu(PN)$ буде залежна від TO . Оскільки, кожна окрема PN_i тісно пов'язана з типом TO , то міру $\mu(PN_i)$ будимо розглядати не по відношенню до окремої PN_i , а по відношенню до певної сукупності $PN = \{PN_1, \dots, PN_n\}$ і їх характеристик. До таких характеристик віднесемо:

- інтенсивність виникнення PN_i за деякий проміжок часу функціонування, наприклад, за фрагмент технологічного періоду функціонування TO , який рівний $\Delta T_i^T \leq \Delta T^T$,
- ефективність мір протидії PN_i , що реалізується системою безпеки $SB(TO)$,
- міра росту інтенсивності виникнення окремої PN_i ,
- розмір процесу виникнення та розвитку PN_i ,
- додаткова, або інтерпретаційна значимість дії PN_i на TO .

Інтенсивність виявлення PN_i визначається досить просто, оскільки, для періоду активізації діагностичної моделі (DM) приймається мінімальний період технологічного функціонування TO , який визначається на основі параметру надійності TO , який позначається $\lambda(TO)$ і формується при проектуванні TO . В цьому випадку,, інтенсивність появи PN_i визначається наступним співвідношенням:

$$I(PN_i) = [\sum_{i=1}^m PN_i(t_i)] / \Delta T^T \quad (1)$$

де $PN_i(t_i)$ - несправність PN_i , яка появилась до моменту $t_i \in \Delta T$. Виходячи з цього співвідношення, видно, що $I(PN_i)$ може зростати до моменту завершення етапу функціонування TO , який визначається, як ΔT^T . Ефективність мір протидії PN_i , що реалізується в SB , може вважатися

характеристикою, яка не має безпосереднього відношення до PN_i , але слід пам'ятати, що засоби протидії проектуються виходячи з уявлень про PN_i , які формуються на етапі проектування TO . В реальному TO в процесі його функціонування, PN_i може відрізнятись від початкових уявлень про PN_i , оскільки одну і ту ж PN_i можуть ініціювати різні причини. Крім того, неточність початкового уявлення про PN_i може обумовлюватися тим, що початковий опис PN_i формується, виходячи з ідеалізованих уявлень про процеси, які можуть привести до виникнення та розвитку PN_i . Завдяки таким відхиленням в уявленнях про PN_i , відповідні засоби протидії можуть виявлятися недостатньо ефективними. В цьому сенсі, можна говорити про ефективність протидії розвитку несправності та протидії її впливу на технологічний процес (TP). Оскільки $\mu(PN_i)$ передбачається вимірювати, то розглянемо можливий спосіб оцінки ефективності засобів протидії. Величину ефективності будемо вимірювати дискретними величинами наступним чином. Найбільшу ефективність будемо приписувати такому випадку, при якому виявлена PN_i повністю нівелюється засобами протидії і не впливає на TP . Прийmemo, що є один засіб протидії орієнтований на співпрацю з одним типом несправності. Міру такої протидії, яку будемо позначати v_i , ідентифікуємо числом «0». В цьому випадку, вклад ефективності протидії PN_i засобів захисту в міру підвищення рівня загрози також буде рівний «0». Щоб визначитися з іншими величинами ефективності засобів протидії, розглянемо більш детально структуру несправності, або процес її виникнення та розвитку.

Прийmemo, що довільна несправність представляє собою процес, який складається з наступних фаз [1]:

- фаза зародження несправності, яка описується діагностичними ознаками $\{\xi_{i1}, \dots, \xi_{im}\}$,

- фаза розвитку несправності, в якій виникають діагностичні параметри $x_i = \varphi_i(\xi_{i1}, \dots, \xi_{ik})$,

- фаза активної дії несправності на об'єкт, в якій проявляється несправність у відповідній формі, що описується співвідношенням $y_i = f(x_{i1}, \dots, x_{in})$.

Діагностичні ознаки відрізняються від діагностичних параметрів тим, що останні описують вплив на процеси, що відбуваються в TO , а діагностичні ознаки описують зміни параметрів, які характеризують фізичні процеси, які відбуваються в елементах конструкції технічного об'єкту, який будемо позначати (TK), що приводить до виникнення діагностичних параметрів. Наприклад, діагностичною ознакою може бути величина напруженості матеріалу у місці зародження несправності, значення якої є

більша допустимого порогу. На другій фазі ріст зусилля напруженості може привести до виникнення механічних пошкоджень, які описуються діагностичними параметрами $\{x_{n1}, \dots, x_{im}\}$. Коли пошкодження збільшується, то на певному етапі воно починає впливати на TP , наприклад, через тріщину проникає на зовні речовина з робочої зони TP , що приводить до змін в TP . Такою зміною може бути перевитрати речовини, що проникає через тріщину, яка утворилася. Перевитрата речовини представляє собою несправність $y_i = f_i(x_{n1}, \dots, x_{im})$. В рамках приведеного прикладу, y_i може означати величину перевитрати відповідної компоненти TP . Така несправність виявляється в рамках системи управління TP і може бути нівельована засобами системи управління, якщо несправність не розвивається.

Виходячи з приведеного прикладу, PN_i має місце тоді, коли відомі всі фази процесу, що обумовлює PN_i . У випадку NN_i , лише на етапі активної дії несправності на TP , остання виявляється в першу чергу системою управління TP і не обов'язково несправність може бути розпізнана як NN_i , а може інтерпретуватися системою, як відхилення TP від заданого режиму роботи. Таке відхилення може обумовлюватися також дією на TP системи управління. В цьому сенсі, NN_i може бути не відомою з точки зору її прояву в рамках дії на TP , хоча в більшості випадків прояв довільної несправності може бути розпізнаним в рамках діагностичної моделі. У даному випадку, міра протидії повинна співвідноситися з NN_i . Тому, протидія є можливою лише на останній фазі функціонування NN_i і реалізація такої протидії може мати наступні рівні:

- припинення розвитку NN_i на фазі її активної дії на TP ,
- нейтралізація дії NN_i на TP за рахунок зміни режиму процесу функціонування TP ,
- елімінація NN_i , або усунення можливості дії NN_i на TP .

В першому випадку, засоби протидії зміцнюють вузол, в якому виникла NN_i таким чином, щоб NN_i не розвивалася. В другому випадку, здійснюється перша дія та TP переводиться в режим, в якому враховується, наприклад, перевитрата компоненти, таким чином, щоб параметри TP вернулися до попередніх значень, що є особливо важливим у випадках забезпечення заданих параметрів продукту, що продукується відповідним TP . В третьому випадку, виконуються процеси заміни вузла, в якому виник дефект, справним вузлом, що виконується в режимі гарячого резервування.

Глибина діагностики визначається виявленням PN_i на різних фазах виникнення несправності. В межах однієї фази глибина діагностики також може бути різною. Наприклад, на фазі розвитку несправності з ростом значень діагностичних параметрів можуть виникати нові діагностичні параметри, що описують відповідний тип дефекту. На інших фазах додатковий поділ

глибини діагностування може також допускати певну інтерпретацію. Якщо величину глибини діагностування визначити окремими інтерпретаціями, то остання повинна змінюватися дискретно. Загроза, яку несе несправність, в цьому випадку, буде тим менша, чим більша глибина діагностування для даної несправності. Ця залежність обумовлена тим, що система протидії більш успішно може виконувати свої функції на етапах розвитку несправності, на яких несправність є менш розвинута.

Міра росту інтенсивності виникнення окремої несправності вимірюється аналогічно до середньої інтенсивності виникнення несправностей. Очевидно, що ця ознака визначає домінування певної несправності по відношенню до інших несправностей. Існування такої несправності приводить до зниження рівня загрози, що обумовлюється тим, що в більшості випадків має місце одна і та ж несправність. Тому, якщо це стосується NN_i , то у випадку її домінування вона переходить у несправність типу PN_i . Для розвинутих систем безпеки (SB) несправність типу NN_i , у випадку її розпізнавання, відразу переходить у ранг несправностей типу PN_i .

Процес розвитку несправностей може відбуватися для різних типів несправностей на протязі різного часу та з різною кількістю окремих подій, які можна виділити в рамках окремих фаз. Прийmemo, що між двома ознаками розміру процесу виникнення несправностей існує лінійна залежність, яка описується наступним чином. Чим більша кількість подій, що можуть бути виділені в процесі розвитку та функціонування несправностей, тим більший час її розвитку. Крім того, час розвитку несправностей може бути великим не залежно від кількості окремих подій, що виділяються на різних фазах процесу розвитку несправності. Очевидно, що збільшення часу розвитку несправності обумовлює зменшення міри загрози відповідної несправності. Поява додаткових даних про ту чи іншу несправність приводить також до зменшення величини її загрози.

Введемо уявлення про інтервали часу функціонування несправностей на окремих фазах її розвитку. Фаза зародження несправності, яку будемо позначати φ^z , починається з моменту, коли діагностична ознака ξ_i стає більша від допустимого значення її величини $\delta\xi_i$, яка може бути зв'язана з деяким параметром режиму функціонування TO . Завершується фаза φ^z в момент, коли ріс величини ξ_i привів до змін у фрагменті об'єкту, які не можуть самостійно ліквідуватися, наприклад, за рахунок зміни значень діагностичних ознак. Такі зміни називаються неповоротними. Виникнення таких змін обумовлює появу діагностичного параметра x_i , який описує параметри неповоротних змін. У вище приведеному прикладі такими параметрами являються розміри тріщин. Слід відмітити, що діагностичні параметри не здійснюють безпосереднього впливу на TP . Фаза розвитку

несправності φ^R завершується в тому випадку, коли відповідна несправність починає діяти на TP . В цьому випадку, будемо говорити, що виникають параметри несправності $y_i = f(x_{i1}, \dots, x_{in})$, які є залежними від діагностичних параметрів. В літературі по діагностиці поняття про параметри несправності не зустрічаються. Тому, розглянемо їх більш детально. Перш за все відмітимо, що з появою параметрів несправності починається фаза активної дії несправності на TP , яку будемо позначати φ^D . Параметр несправності характеризує величини змін параметрів TP , до яких приводить дія PN_i на TP . Це означає, що фізична суть параметру несправності y_i полягає або відображає фізичну суть параметру, що характеризує TP [2]. Наприклад, якщо параметром TP є кількість речовини, що приймає участь у TP , то параметр несправності характеризує кількість цієї речовини яка втрачається TP , або відбирається з TP завдяки існуванню діагностичних параметрів x_{ij} і як наслідок параметрів несправності y_i , що описують відповідну несправність. В цьому випадку, можливі наступні події, які можуть виникати без участі SB . Система управління, в рамках своїх управляючих можливостей компенсує зменшення кількості відповідної компоненти TP шляхом збільшення її подачі у відповідний фрагмент TP . Розвиток PN_i на цій фазі може зупинитися і тоді виявлення PN_i може реалізовуватися на етапі технічного обслуговування TO . Якщо система управління не здатна власними засобами відрегулювати зміни в режимі функціонування TP , то активізується система діагностики (SD), яка виявляє PN_i і після цього SD активізує SB , яка реалізує усунення PN_i .

Виходячи з приведеного вище, можна описати наступні діапазони фаз розвитку несправності та відповідні умови переходу від однієї фази до іншої фази:

$$\{[\xi_{i1} > \Pr(\zeta_{1i})] \vee \dots \vee [\xi_{ik} > \Pr(\zeta_{ik})]\} \rightarrow \varphi^Z [\xi_{ij} = \psi(\zeta_{i1}, \dots, \zeta_{im})] \quad (2).$$

Співвідношення (2) описує виникнення діагностичних ознак $\xi_{ij} = \psi(\zeta_{i1}, \dots, \zeta_{ik})$, $\Pr(\zeta_{ij})$ - порогове значення параметру ζ_{ij} , який описує фізичні параметри фрагменту вузла TO . Інтервал існування фази зародження τ^Z , визначається часом, що лежить між моментом появи ξ_{ij} та моментом появи x_{ij} . Формально, поява діагностичного параметру описується наступним способом:

$$[\xi_{ij} > \Pr(\xi_{ij})] \rightarrow \varphi^R [x_{ij} = \psi^R(\xi_{i1}, \dots, \xi_{ik})] \quad (3)$$

де x_{ij} - діагностичний параметр, що описує зміни в конструкції об'єкту (TK), який залежний від ξ_{ij} , значення яких перейшли границю $\Pr(\xi_{ij})$.

Перехід фази зародження PN_i у фазу активної дії на TP описується співвідношенням:

$$[x_{ij} > \Pr(x_{ij})] \rightarrow \varphi^D[y_i = \psi^D(x_{i1}, \dots, x_{ik})], \quad (4)$$

де y_i - параметр несправності PN_i . Діапазони фаз розвитку несправності у вигляді відповідних інтервалів часу можна представити наступним співвідношенням:

$$\tau^z = \{[\xi_i(t_{i0}) > \Pr(\xi_i)], [x_i(t_{j0}) = \psi^R[\xi_{i1}(t_{jk}), \dots, \xi_{ij}(t_{jk})]]\} \quad (5)$$

де t_{i0} - момент часу, коли стає $\xi_i(t_{i0}) > \Pr(\xi_i)$, t_{j0} - момент часу, коли появився діагностичний параметр x_i . Для інтервалу фази розвитку PN_i можна записати наступне співвідношення:

$$\tau^R \{[x_{ij}(t_{i0}) > \Pr(x_{ij}(t_{i0}))], [\varphi^R[y_i(t_{im}) = \psi^R(x_{i1}(t_{im}), \dots, x_{im}(t_{im}))]]\}, \quad (6)$$

де t_{i0} - момент часу, коли $x_{ij} > \Pr(x_{ij})$, t_{im} - момент часу, коли виник параметр несправності $y_i = (t_{im})$. Для інтервалу фази дії несправності на TP описується співвідношенням:

$$\tau^D \{[[y_{im}(t_{i0}) > \Pr(y_{im}(t_{i0}))]] \rightarrow P_i(TP), [\varphi^D[P_i(TP) > \Pr[P_i(TD)]]] \rightarrow [u(t_{i0}) = \psi^U[P_i(TP)]]\} \quad (7)$$

де t_{i0} - момент часу, коли параметр несправності y_i починає впливати на величину параметру TP , наприклад, на параметр P_i . В цьому випадку, починається фаза дії несправності на TP . Цей інтервал, або ця фаза існує доти, доки система управління компенсує зміну P_i , що відбувається внаслідок дії на TP параметра несправності y_i . Як тільки система управління вичерпує свої можливості по компенсації процесу дії y_i на P_i , починається фаза, що відповідає розвитку аварійної ситуації φ^A . Ця фаза є природним продовженням фази дії PN_i на TP , якщо SB не активізується, або якщо вона не в змозі протидіяти відповідній PN_i . Формально, виникнення такої фази можна представити наступним співвідношенням:

$$\{u_i[P_i(TP), t_{ik}] > \Pr[u_{ij}[P_i(TP), t_{im}]]\} \rightarrow AS_i(TO, t_{im}), \quad (8)$$

де $m > k$, $AS_i(TO, t_{im})$ - аварійна ситуація на TO , що виникає в момент t_{im} , який відповідає моменту часу, коли система управління уже не може власними засобами протидіяти впливу параметра несправності на TP . Ситуація, коли дія параметрів y_i не може бути елімінована, може мати місце навіть при використанні SB . Це означає, що в системі SB засоби протидії PN_i не можуть її елімінувати. В таких випадках в системах захисту TO використовуються системи протидії аварійним ситуаціям. Функції системи протидії аварійним ситуаціям є більш радикальними по відношенню до TP і

TO в цілому. Вони можуть полягати у припиненні TP на TO , можуть полягати на активізації процесів ізоляції TO від зовнішнього середовища, якщо такі функції в рамках системи захисту від аварійних ситуацій є передбачені і, крім того, такі системи можуть активізувати певні дії по відношенню до зовнішнього середовища, прикладом яких може служити надання інформації для населення, що знаходиться у відповідному оточенні. Така інформація може передаватися різними способами незалежно від участі в таких процесах обслуговуючого персоналу. Таким чином, залежність між окремими фазами функціонування довільної несправності запишеться у вигляді:

$$\varphi^Z \rightarrow \varphi^R \rightarrow \varphi^D \rightarrow \varphi^A.$$

Виходячи з тези, що NN_i може виникнути лише після виникнення серії PN_i в силу того, що PN_i , які передбачалися в процесі проектування TO , відображають найбільш ймовірні несправності, що можуть виникати в TO . Оскільки PN_i елімінуються $SB(TO)$, то такі дії по відношенню до TK і TO , в цілому, приводять до наступних наслідків:

- зміни технічних параметрів в сторону їх погіршення в TO та TP ,
- внесення відхилень у TK та елементи TO , що тісно пов'язані з забезпеченням TP , які вносяться як додатки до технічної документації на TO ,
- заміни окремих вузлів та елементів, що можуть реалізовуватися на основі виявлених PN_i , в рамках проведення робіт по технічному обслуговуванню [3].

Перераховані фактори можуть стати причиною виникнення NN_i , які необхідно передбачити, або спрогнозувати. Прогнозування NN_i передбачає необхідність розв'язку наступних задач:

- визначення моменту часу, коли може виникнути NN_i в процесі функціонування TP ,
- визначення основних параметрів несправності типу NN_i та форм їх прояву по відношенню до TP ,
- визначення місця, в якому можуть виникнути несправності типу NN_i , або виявлення їх локалізації.

Відомо, що однією з важливих функцій системи діагностики є функції моніторингу датчиків, що реєструють діагностичні параметри. Оскільки SD в цілому потребує певних ресурсів, то проводити безперервний моніторинг з максимальною необхідною частотою не доцільно. Якщо в результаті прогнозування можна буде виділити ΔT_i на фоні процесів TP , то в цей період можна реалізувати моніторинг з максимальною необхідною частотою.

Оскільки NN_i є невідомою, то невідомими є і параметри u_i несправності NN_i . Виходячи з (7), будь яка несправність, в тому числі і несправність типу NN_i може проявитися у вигляді зміни параметрів $P(TP)$. Але виявлення несправності на цьому етапі є досить пізним, оскільки NN_i уже сформувалось та почало діяти на TP . Можна прийняти, що NN_i буде описуватися тими ж параметрами несправностей, які використовуються для опису несправностей типу PN_i , але в рамках нової структури, яка не відповідає структурам опису несправностей типу PN_i . Не виключено, що в склад структур опису несправності типу NN_i можуть входити окремі параметри, які ще не використовувались при несправностях типу PN_i [4,5].

Визначення місця виникнення несправності типу NN_i є досить складною задачею, але ця задача, по суті, представляє собою задачу виявлення параметрів несправності та розпізнавання по цих параметрах можливої несправності типу NN_i , навіть якщо виявлено не всі її параметри. Прийmemo, що NN_i не є швидко протікаючими, або короткочасними в тому сенсі, що відповідна NN_i розвивається за досить короткий проміжок часу. Це є важливим з тієї точки зору, що чим більший проміжок часу розвитку несправності тим більше часу у засобів прогнозування для виявлення можливості її виникнення. В даному випадку, засоби прогнозування не розглядаються, як деяка одна модель прогнозування, що визначає виникнення всіх параметрів, що характеризують NN_i і, в першу чергу, визначає їх значення. Справа у тому, що діагностичні ознаки, виходячи з їх інтерпретації, можуть в рамках TO існувати незалежно від того виникла несправність, чи ні. Більш того, можуть існувати несправності, розвиток яких призупинився, наприклад, якщо деякий фактор, що побудив виникнення відповідної несправності діяв короткий час і був випадковим. Оскільки TO , переважно, проектується таким чином, щоб основні засоби мали певний рівень надмірності по основних параметрах, що їх характеризують, то у випадку переходу несправності з фази зародження у фазу розвитку, коли появляються діагностичні параметри x_i , остання може зупинитися і відповідна несправність може більше не розвиватися. Очевидно, що такі фактори, в першу чергу, обумовлюють можливість виникнення несправностей типу NN_i . Для складних об'єктів, такі заморожені несправності, про виникнення яких $SB(TO)$ може не мати інформації, являється досить поширеним випадком і типовою причиною виникнення несправності типу NN_i .

Виходячи з приведеного вище, система виявлення несправностей типу NN_i повинна розв'язувати не тільки задачі прогнозування їх появи в чистому

вигляді, а і розв'язувати цілий ряд задач, що сприяють виявленню NN_i .

1. *Биргер И.А.* Техническая диагностика. М.: Машиностроениу, 1978. – 321 с.
2. *Рябинин И.А.* Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Политехника, 200. -247 с.
3. *Половко А.М., Гуров С.В.* Основы теории надежности. СПб.:БХВ-Петербург, 2006. -704 с.
4. *Gertler J.* Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems, 1998, New York: Marcel Dekker, Inc.
5. *Koscielny J.M.* Difgnostyka zautomatyzowanych processow przemyslowych, 2001, Warszawa: Akademska Oficyna Wydawnicza Exit.

Поступила 10.02.2011р.