УДК 623.746. – 519

М.В. Коробчинський

Воєнно-дипломатична академія, Київ

АНАЛІЗ ОКРЕМИХ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У РОЗПОДІЛЕНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РУХОМИМИ ОБ’ЄКТАМИ

У статті досліджуються окремі аспекти використання логічних моделей для опису процесу розв’язку задач, які вирішує інформаційна система управління рухомими об’єктами. Доводиться твердження про існування виводу певної події із системи логічних формул, що описують процес розв’язку задачі. Показано, що в рамках логічної моделі, що описує виникнення тих чи інших подій, є допустимою інтерпретація певного виводу, як процесу прогнозування відповідної події.

Ключові слова: *аномалії, логічні моделі, розподілена система управління, рухомі об’єкти, процес розв’язку задачі, процес прогнозування події.*

Вступ

Використання математичної логіки у задачах моделювання інформаційних систем управління рухомими об’єктами [1-5] дозволяє описати логічні взаємозв’язки між окремими компонентами (елементами та вузлами) цієї системи. У кожному вузлі реалізується логічна формула, яка описує логічний взаємозв’язок тих функцій, які повинні бути реалізовані саме в цьому вузлі. Рівень абстракції логічної моделі є наступним після структурних моделей.

Основна частина

Логічні моделі (1), при порівнянні зі структурними моделями представляють собою наступний рівень опису процесів, що моделюються з меншою мірою абстракції. Вони поділяються за своєю функціональною орієнтацією на наступні класи:

- клас моделей, що описують логічні взаємозв’язки між окремими компонентами системи. Вони відображають функціональні можливості не залежно від задач, що ініціюються в інформаційній системі управління (ISU) рухомими об’єктами , які будемо називати статичними логічними моделями (MLS);

- клас моделей, що описують логіку змін. Дані зміни відбуваються у системі управління в процесі функціонування ISU не залежно від задач, що можуть розв’язуватися в рамках ISU. Їх будемо називати динамічними логічними моделями (MLT);

- клас моделей, що реалізують прогнозування виникнення аномальних ситуацій. Вони реалізують цілий ряд сервісних функцій (наприклад, функцій тестування засобів ISU, перевірку міри адекватності моделі предметної області W_i на логічному рівні та цілий ряд інших функцій). Їх будемо називати додатковими логічними моделями (MLD).

На відміну від класичних уявлень про моделі типу MLS, в яких приймаються всі відомі зв’язки між компонентами як такі, що описуються відповідними логічними функціями, в рамках даного підходу, в склад MLS вводяться логічні зв’язки між елементами об’єкта, чи процесу, які моделюються, що розширяють такий опис. Таким чином, в рамках MLS формується деякий базовий логічний опис об’єкта та опис можливих логічних розширень. Це є характерним для рухомих об’єктів, що функціонують в рамках розподіленої системи. Базова логічна компонента моделі MLS визначає останню, як таку, що розпізнається в ISU у якості об’єкта певного типу. Типи об’єктів, які будемо позначати символом y_i, визначаються на основі їх базових функціональних можливостей. Компонента MLS, що описує логіку можливих функціональних розширень x_i, з точки зору логічних виразів формально може описуватися у формі, що відповідає транскрипції Лукасевича [1], але при цьому, остання може бути не повною, або може мати примарні логічні змінні. Наявність примарних логічних змінних обумовлюється тим, що у випадку розподілених рухомих об’єктів y_i, в тих, чи інших випадках можуть матеріалізуватися, якщо y_i починає взаємодіяти з y_j, що в рамках стратегії функціонування y_i не описувалось. Формально логічний опис окремого y_i можна представити у вигляді:

$$y_i = L_i[x_{i1},...,l_{ik}(x_{ij},...,x_{im}),...,x_{in}],$$

де $l_{ik}(x_{ij},...,x_{im})$ означає існування примарних логічних змінних $x_{ij},...,x_{im}$. Це можна представити як

$$l_{ik}(x_{ij}, x_{im}) = x_{ij} \& x_{im},$$

де x_{ij}, x_{im} – примарні логічні змінні.

Клас моделей, що описують логіку змін, які відбуваються в ISU у рамках реалізації деякої стратегії функціонування $y_{i1},...,y_{im}$, можна представити співвідношенням $S_i = f_i(y_{i1},...,y_{im})$, яке описує зміни в MLS, які приводять до її розширення. Очевидно, що базова компонента MLS не може бути зменшена, оскільки в цьому випадку відповідні y_{ij} втрачають свою ідентичність.

Оскільки ISU є системою, що управляє рухомими об'єктами, то її відносять до динамічних систем. У процесі функціонування рухомих об'єктів (RO) логіка, що описує їх поведінку може змінюватись. Це обумовлено наступними факторами:

- об'єкти RO, що управляються ISU, є розподіленими у просторі, тому на них може впливати різні об'єкти, чи середовище, які не управляються ISU. Дані впливи системою не досліджуються. Тому необхідно взаємодіяти зі сторонніми об'єктами, які описуються окремими моделями. До них відносяться логічні моделі типу (MLT);
- у процесі розв'язку задач, які реалізують у першу чергу RO, може виникати необхідність модифікувати поставлену ціль розв'язуваної задачі. Виникає необхідність приводить модифікації базової моделі, яка реалізується шляхом розширення MLS, ці функції, в першу чергу, реалізуються моделлю MLT;
- особливістю функціонування розподіленої системи, в якій основними виконуючими компонентами являються RO, є можливість розв'язувати такі задачі, протягом яких окремі RO переходять у пасивний стан. Тобто, дані RO не приймають участь у розв'язанні поточної задачі й виникає необхідність модифікації MLS, що безпосередньо виконує MLT.

Клас логічних моделей типу MLD складається з модельних компонент, які будемо визначати на основі детального аналізу їх функціонального призначення. До основних компонент даного типу MLD відносяться:

- логічні моделі прогнозування подій, які виникають у середовищі. Дані події розділені у просторі та часі. Ці логічні моделі позначимо MLP;
- моделі контролю адекватності логіки управління множиною RO відносно процесу управління. Вони описується функціональними фрагментами функціонування кожного RO_i, що активізовані для розв'язку окремої підзадачі (mla);
- моделі тестування системи управління ISU в цілому та за окремими компонентами RO_i, які здійснюють перевірку на логічному рівні. Дана перевірка здійснюється з метою виявлення несправностей в окремих компонентах RO_i та інших контрольних функцій, що виконуються на логічному рівні відносно системи управління ISU (mlt);
- моделі розпізнання окремих типів аномальних ситуацій. Ці розпізнання здійснюються на основі даних логічної моделі прогнозування подій (MLP). Аномальними ситуаціями будемо вважати:

виникнення логічної суперечності в ISU;

виникнення надмірності в ISU;

виникнення конфліктних ситуацій тощо.

Перелік аномальних ситуацій, що виникають у рамках MLP та виявлятися в mlt, може розширюватись іншими типами аномалій у відповідності до подій в межах MLD.

Однією з важливих функцій моделі MLD є функція прогнозування аномальних ситуацій. Тому розглянемо дану функцію детально, а також визначимо можливі методи прогнозування відносно кожного окремого типу аномалії. Введемо наступні позначення. Нехай $L_i(y_{i1},...,y_{in})$ – компонента логічної моделі MLS, яка описує логічний процес розв'язку задачі з ціллю c_i; $j(y_{ij})$ – текстовий опис інтерпретації y_{ij} в нормалізованій формі; $J(y_i)$ – текстовий опис інтерпретації логічної компоненти моделі MLS. Предметну область інтерпретації середовища та компонент, що реалізують розв'язки задач, позначимо W. Тоді запишемо наступне співвідношення:

$$J(\Im) = \{J(L_1),...,J(L_n)\} \rightarrow M(\Lambda) = \{L_1,...,L_n\},$$

де $M(\Lambda)$ – модель із системи логічних функцій $L_i \in \Lambda$. Відповідно, для кожної L_i має місце наступне співвідношення:

$$J(L_i) = F^L[j(y_{i1}),..., j(y_{in})],$$

де F^L – функція, яка описує інтерпретацію логічної структури $L_i(y_{i1},...,y_{in})$ процесу розв'язку задачі з ідентифікацією цілі цього розв'язку c_i. Очевидно, що c_i має інтерпретацію в W і записується як $j(c_i)$. У цьому випадку запишемо співвідношення:

$$J(L_i) = F^L[j(y_{i1}),..., j(y_{in})] \rightarrow j(c_i) \in J(W).$$

Виходячи з уявлень про суть довільного процесу прогнозу, можна стверджувати, що прогноз полягає у виявленні деякої події, в широкому розумінні цього терміну, яка відповідає таким вимогам [2]:

- подія ξ_i у поточний момент не повинна існувати;
- можливість виникнення події ξ_i не обумовлена детерміністично;
- існування параметра, що використовується для характеристики поточного стану системи, за допомогою якого можна здійснити опис події ξ_i;
- повинні існувати умови, що обумовлюють необхідність прогнозування в рамках системи ISU;
- методи і засоби прогнозування повинні мати інтерпретацію в предметній області W, яка має інтерпретацію для Λ.

Перша умова, з точки зору її формулювання є тривіальною. Але необхідність в ній обумовлена тим, що подія, яку передбачається прогнозувати, вже дала місце минулому, або є досить близькою за своїми параметрами до подій, що існують у поточний момент часу. Позначимо деяку подію як ξ_i. Тоді факт її існування в минулому будемо позначати як $\xi_i(f_i)$, де f_i описує залежності або наслідки, що мають місце у момент t_i, вони обумовлені існуванням ξ_i у момент $t_i - \Delta t_i$. При цьому, параметр t_i не обов'язково мусить бути параметром, що описує час. У цьому випадку, можна записати наступне:

$$\xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik}) \to \mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*),$$

де $r \le k$, μ_i – об'єкт або виділені параметри системи, поява яких обумовлена подією $\xi_i(f_i)$. Розглянемо наступне твердження, яке стосується події $\xi_i(f_i)$.

Твердження 1. Якщо існує вивід $\xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik}) \to \mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*)$, то існує обернений вивід події ξ_i.

Відповідно до умови твердження, має місце співвідношення $\xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik}) \to \mu_i(P_{i1}^*,...,P_{ir}^*)$. Приймемо, що предметна область інтерпретації W_i, яка є моделлю для $\Lambda = F\{L_1,...,L_n\}$, де $L_1,...,L_n$ – системи аксіом, у процесі реалізації Pr_i не звужуються, а зміна W_i може полягати тільки в її розширенні, що записується у вигляді:

$$[J(\Lambda_i,t_i) = J(\Lambda_i,t_{i-k})] \vee [J(\Lambda_i,t_{i-k}) \subset J(\Lambda_i,t_i)],$$
$$\text{при } k < i.$$

Наявність в інтерпретації W_i певної оцінки відповідної компоненти $y_{ij} = l_j(x_{j1},...,x_{jm})$ та $L_i = f_i(y_{i1},...,y_{in})$, формально будемо називати і описувати, як наявність значень з $\{B\}$, які приймаються в W_i, де B – множина з двома виділеними значеннями, що описується співвідношенням $h_i(y_{ij}) \vee H_i(L_i)$. Відображення $h_i(y_{ij})$ і $H_i(L_i)$ визначаються наступним чином:

$$[h_i(y_{ij}) \to \{B\}] \vee [H_i(L_i) \to \{B\}],$$

де

$$\min\{B\} = \{0,1\}$$

та

$$\max\{B\} = [\alpha(\gamma_{\alpha 1},...,\gamma_{\alpha m}), \beta(\gamma_{\alpha 1},...,\gamma_{\alpha m})]$$

визначені на $(Z \& \neg Z)$. У випадку, коли має місце $\min\{B\}$, то $(Z = 1) \& (\neg Z = 0)$. Доведемо, що для $\xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik}) \to \mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*)$, коли має місце $J(\Lambda_i,t_i) = J(\Lambda_i,t_{i-k})$, існує вивід $\mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*) \to \xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik})$.

Кожний крок виводу в обчисленні секвенцій приводить до виникнення нової секвенції у відповідності з правилами [3], до яких відносяться правила послаблення, скорочення, перестановок, логічні правила і правила введення кванторів $\forall, \exists$. Правила послаблення і скорочення визначають можливість виникнення в кінцевій секвенції випадку, коли $n > m$. Оскільки, $J(\Lambda_i,t_i) = J(\Lambda_i,t_{i-k})$, то ці правила у виводі $\mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*) \to \xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik})$ не використовуються.

Правила $[F(t),\Gamma \to \Delta] \to [\forall x F(x),\Gamma \to \Delta]$ та $[\Gamma \to \Delta, F(a)] \to [\Gamma \to \Delta, \forall x F(x)]$ приводять до розширення W_i, або до $W_i \to W_i^*$, ця ситуація не розглядається. Нехай у перетвореннях приймають участь логічні формули, оскільки, формули перестановок не обумовлюють зміни в інтерпретаціях, то і вони до вирішення нашої проблеми не підходять.

Розглянемо послідовно кожну з формул виводу секвенції. Нехай у процесі виводу $\xi_i * f_i(P_{i1},...,P_{ik}) \to \mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*)$, яку будемо записувати в еквівалентній формі у вигляді $\xi_i(P_{i1},...,P_{ik}) \to \mu_i(P_{i1}^8,...,P_{ir}^*)$, використовувалось на окремому кроці правило

$$\{[C,\Gamma \to \Lambda] \to [(C \& D),\Gamma \to \Lambda]\} \&$$
$$\{(D,\Gamma \to \Lambda) \to (C \& D),\Gamma \to \Lambda]\}$$

або

$$[(\Gamma \to \Lambda, C) \& (\Gamma \to \Lambda, D)] \to [\Gamma \to \Lambda, (C \vee D)],$$

то це приводить до розширення $J(\Lambda_i,t_i)$ на $(C \& D) \to [j(y_i) \& j(y_j)]$, що обумовлено $Pr_i(A) \to Pr_j(A)$, де $\left(Pr_i \& Pr_j\right) \subset J(W_i)$ по визначенню алгоритму A_i, який реалізується в предметній області W_i. Аналогічно можна розглядати випадок використання правила виводу $[C, \Gamma \to \Lambda] \& [(D, \Gamma \to \Lambda)] \to [\Gamma \to \Lambda, (C \vee D)]$ і $[(\Gamma \to \Lambda, C) \& (\Gamma \to \Lambda, D)] \to [(D \vee C), \Gamma \to \Lambda]$. Правило перетину, яке декларує елімінацію компоненти, що не є активною, для поточного кроку виводу, записується у наступному вигляді:

$$[(\Gamma \to \Delta, D) \& (D, \Pi \to \Lambda)] \to (\Gamma, \Pi \to \Delta, \Lambda).$$

У рамках інтерпретації цього твердження, це правило визначає можливості існування елімінації $[J(L_i), j(y_i)] \to [j(y_i), J(L_j) \to J(L_r)] \to$ $\to [J(L_i), J(L_k) \to J(L_j), J(L_r)]$. Це означає, що $j(y_i)$ не приймає участь на кроці k в об'єднанні двох виводів. Інтерпретацію цього правила, на рівні алгоритмічної реалізації поточного кроку виводу, можна записати у вигляді:

$$Pr_i(\Gamma \to \Delta, y_i) \text{ і } Pr_j(y_i, \Pi \to \Lambda),$$

де $Pr_i \& Pr_j \in A$ можна стверджувати, що при $\Gamma \to \Delta, y_i$, компонента y_i залишається незмінною і в такій же формі передається до Π у перетворенні $\Pi \to \Lambda$, в якому також тільки транслюється. Тому є можливим записати перетворення за правилом перерізу, який буде відповідати фрагменту реалізації алгоритму A_i:

$$[Pr_i(\Gamma \to \Delta, y_i) \& (y_i, \Pi \to \Lambda)] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow j(y_i)\{Pr_i(\Gamma, \Pi \to \Delta, \Lambda)\}.$$

Цей запис означає, що отримана на попередньому кроці Pr_{i-1} компонента y_i, що має $j(y_i)$, буде потрібна на кроці $Pr_{i+k}(A)$ для реалізації $Pr(A) \to C_i$. Кожний з приведених кроків реалізується логічними операціями, на яких елімінуються компоненти, що приймають у цих перетвореннях участь.

Розглянемо останнє перетворення, що входить до складу обчислення секвенції $[\Gamma \to (A \to B), \Delta] \Rightarrow (\Gamma, A \to B, \Delta)$ та формула $[(A \to B), \Gamma \to \Delta] \& (\Gamma, B \to \Delta)$. Приведені два перетворення ланцюгів логічних формул є симетричними з точки зору порядку їх виконання. Якщо A має оцінку $\gamma_{\alpha i}$, або $A(\gamma_{\alpha i})$ та $B(\gamma_{\alpha j})$, і обидві компоненти відносяться до класу $Z = 1$, то обернена операція $Pr_i(A_i)$, що реалізується у відповідності з цими правилами, є обернена. Це означає, що вона зберігає інтерпретацію, при реалізації Pr_i^{-1}. Якщо $A_i(\gamma_\alpha)$ та $B_i(\gamma_\beta)$ відносяться до класу $z_i = 0$, то маємо аналогічну ситуацію. Єдиний випадок, який необхідно виділити, описується наступним чином $A_i(\gamma_\alpha) \in (Z = 1)$ і $B_i(\gamma_\beta) = (z = 0)$, то $j(y_i) \to j(y_j)$ приводить до того, що перетворення в оберненому напрямку є допустимим. Оскільки інтерпретація сукцедента, яка переходить в антицидент стає допустимою з точки зору інтерпретації секвенції $B \to A$. Попередні формули виводу, що стосуються кон'юнкції і диз'юнкції, є симетричними виходячи з логічної інтерпретації цих логічних операторів. Це доводить правильність твердження при визначених вище умовах.

Розглянемо випадок, коли має місце співвідношення $J(\Lambda_i, t_{i-k}) \subset J(\Lambda_i, t_i)$. Ця умова означає, що має місце співвідношення $[Pr_i(L_i) \to L_j] \to [J(L_j) < J(L_i)]$. Звуження інтерпретаційного опису компонент, що перетворюються в $A(Pr_i)$, означає, що отриманий проміжний результат звужує $j(y_{i+1})$ і є ознакою наближення до $j(c_1)$, оскільки $r\{J[A(y_1,...,y_n)]\} \to j(c_1)$, де

$$r_1[j(y_1)],...,r_n[j(y_n)] = \sum_{i=1}^{n} r_i,$$

а

$$r_i[j(c_i)] < \max r_i[j(y_i)].$$

З приведеного твердження витікає, що у прогнозуванні подій ξ_i мають місце моменти t_{i-k}, де $k < i$. Тому в рамках логічної схеми вони можуть бути реалізовані. При цьому логічний вивід відповідної ξ_i може бути побудований у випадку, коли проводиться моніторинг системи ISU і дані моніторингу з моменту t_i до моменту t_{i-k} є доступні. Останнє означає, що всі інтерпретаційні описи $J[A(Pr_i)]$ від моменту t_{i-k} до моменту t_i можуть бути використаними.

Розглянемо можливості прогнозу події $\xi_{i+k}(t_{i-k})$ для випадку, коли виникнення події тільки передбачається. Для того, щоб можна було передбачити ту чи іншу подію (в даному випадку, мова йде про передбачення на рівні логічного опису процесів, у складі яких повинна виникнути подія), необхідно:

- визначити опис події, яку передбачається прогнозувати з певною мірою подібності або точності такого прогнозу;
- вибрати параметр за яким буде реалізовуватись прогноз;
- визначити інтервали (періодичності) між потомними подіями та подією, яку планується спрогнозувати;

- визначити точність прогнозування в масштабі всіх параметрів та факторів, що можуть мати відношення до прогнозованих подій;

- визначити умови або параметри, активізація яких показує початок процесу прогнозу.

Оскільки прогнозування події передбачається реалізовувати на рівні логічних моделей, то її опис повинен представляти собою деякий логічний опис або деяку логічну формулу. При цьому, необхідно визначити яким чином в описі відповідної події буде відображатися наближеність такого опису по відношенню до точного опису відповідної події. Для вирішення цієї задачі, приймемо наступне:

- подія, яку передбачається прогнозувати, повинна відповідати подіям , які передбачаються в рамках предметної області W_i;

- точність опису події, яку передбачається прогнозувати, може виражатися за кількістю параметрів. Дані параметри відповідають кількості логічних змінних та можливими значеннями цих змінних, і є величинами бінарними;

- наявність параметрів логічної моделі, які характеризують в ній логічні суперечності, логічні надмірності тощо.

Якщо відомо, що прогнозована подія не відповідає відомим в W_i подіям, тоді необхідно сформувати умови, що обумовлюють її появу. У цьому випадку, будемо говорити про прогнозування невідомих подій, а методи прогнозування таких подій на логічному рівні будемо розглядати окремо. Тому, зупинимося на прогнозуванні відомих подій. Якщо події відомі, то приймемо, що вони описуються логічними функціями $L_i^P = f(x_{i1}^P,...,x_{ik}^P)$. Прикладом такого опису може служити формула:

$$y_i^P = (x_{i1}^P \&, x_{i3}^P) \vee (x_{i2}^P \to x_{i1}^P) \& x_{i3}^P,$$

де, як і в моделі MLS, x_j^P – параметри, які відповідають логічним змінним події. В класичних методах прогнозування, параметр по відношенню до якого розв'язується задача прогнозування, представляє собою час. У цьому випадку уявлення про прогнозування пов'язане з передбаченням деякої події через певний період часу, який по відношенню до поточного моменту t_i ще не наступив. У нашому випадку, можна вводити мітки часу в логічну модель. Таким чином, прогноз можна пов'язувати з параметром часу. Але по відношенню до логічних моделей, такий підхід представляється не доцільним, оскільки методику прогнозування доцільно будувати на основі використання системи логічних аксіом Ξ. Вони формуються на основі початкових умов задачі й розв'язуються за допомогою логічних моделей MLS. Ці моделі описують логіку процесів розв'язку відомих задач і мають вигляд

$$\Lambda = \{L_1(y_{11},...,y_{1k}),...,L_n(y_{n1},...,y_{nk}),$$

та розв'язуються на основі використання правил виводу Σ, які використовуються в різних логічних системах [4].

У рамках даної роботи вивід буде реалізовуватися на основі двох відомих систем: системи аксіом Гільберта та системи Генцена. Таким чином, для реалізації прогнозу події або об'єкта, який може виникнути в системі, повинна використовуватися методика прогнозування. Вона полягає у реалізації виводу формули, яка описує прогнозований об'єкт. Формально, це можна описати у вигляді:

$$\{\Lambda, \Xi, \Sigma, L_i^P(y_{11}^P,...,y_{1k}^P)\} \to L_i^{P*}(y_{i1}^{P*},...,y_{ik}^{P*}),$$

де $L_i^{P*}(y_{i1}^{P*},...,y_{ik}^{P*})$ – формула, яка описує прогнозовану подію з точністю, що визначається як параметр методики. Якщо прийняти $L_i^P(y_{11}^P,...,y_{1k}^P)$ за приблизний опис подій, що прогнозуються, а $L_i^{P*}(y_{i1}^{P*},...,y_{ik}^{P*})$ за опис подій, який отримано в результаті прогнозування, то точність прогнозування можна описати співвідношенням:

$$|\{L_i^P(y_{i1}^P,...,y_{ik}^P)\} - L_i^{P*}(y_{i1}^{P*},...,y_{ik}^{P*})| \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \Delta L_i^{P*}(y_{i1}^{P*},...,y_{ik}^{P*}),$$

де $L_i^{P*}(y_{i1}^{P*},...,y_{ik}^{P*})$ – логічна формула, що описує узагальнену різницю події, яка була спрогнозована по відношенню до очікуваної. Відмінність між L_i^P і L_i^{P*} можна описати наступним конструктивним співвідношенням:

$$\delta(L_i^P, L_i^{P*}) = S^V(L_i^P, L_i^{P*}) + Y(L_i^P, L_i^{P*}) + N^P(L_i^P, L_i^{P*}),$$

де $S^V(L_i^P, L_i^{P*})$ – структурна відмінність між L_i^P і L_i^{P*}. Вона визначається співвідношенням:

$$S^V(L_i^P, L_i^{P*}) = \sum_{i=1}^m sg[K_i(L_i^{P*}) - K_i(L_i^P)],$$

де $K_i(L_i^{P*}), K_i(L_i^P)$ – кон'юнкції з кон'юнкційних нормальних форм, до яких приведені L_i^P і L_i^{P*} відповідно. Функція $sg = 1$, коли різниця в дужках не рівна і навпаки. При обчисленні, $K_i(L_i^{P*}) - K_i(L_i^P)$, кон'юнкції порівнюються за кількістю елементів у кон'юнкції, і коли кількість елементів рівна, то порівнюються змінні, що використовуються в кон'юнкціях. Якщо розміри кон'юнкцій одинакові й їх склад однаковий, то $sg[K_i(L_i^{P*}) - K_i(L_i^P)] = 0$, в протилежному випадку $sg = 1$. Приведена формула розширюється наступним способом.

Нехай маємо в L_i^P і L_i^{P*}, що припроваджені до кон'юнкційних нормальних форм у поточній парі кон'юнкції за кількістю змінних $m_i[K_i(L_i^P)]$ рівну

$m_j[K_i(L_i^{P*})]$. Тоді проводиться перевірка, чи всі змінні в $K_i(L_i^{P*}), K_i(L_i^{P})$ мають еквівалентні інтерпретації. Якщо така еквівалентність існує, то $sg = 0$. Нерівність L_i^P і L_i^{P*} має дві різновидності. До першої різновидності відносяться відмінність, при якій кількість елементів у кон'юнкціях однакова і змінні, що в них знаходяться, є одинакові. Друга різновидність має місце тоді, коли кількість елементів у порівнюваних кон'юнкціях є рівна, але логічні змінні в них мають різну інтерпретацію і позначається $Y(L_i^P, L_i^{P*})$, яка виділяється окремою складовою. Відмінність $N^P(L_i^P, L_i^{P*})$, визначає наявність аномалій у логічному описі події, яка спрогнозована по відношенню до опису події, що передбачається прогнозувати. Виникнення такої аномалії може бути обумовлено декількома причинами, це: неповнота аналізу системи та використання модифікованих правил виводу, що відображають особливості предметної області інтерпретації задач, що розв'язуються. Наприклад, такими модифікаціями правил виводу можуть бути обмеження на можливість впровадження функцій $\vee, \&, \rightarrow$ та відповідно вибрані для цієї цілі компоненти [5].

Виявлення аномалій в L_i^{P*} приводить до відмови від результатів прогнозування. У рамках цього підходу, прогнозування реалізується у відповідності до наступних етапів реалізації:

- етап формування $L_i^P(y_{i1}^P, ..., y_{ik}^P)$ події, яка за припущенням може відбутися;
- етап перевірки результату прогнозування;
- етап модифікації $L_i^P(y_{i1}^P, ..., y_{ik}^P)$ події у випадку, якщо в спрогнозованому описі цієї події $L_i^{P*}(y_{i1}^{P*}, ..., y_{ik}^{P*})$ виявлені аномалії;
- етап повторного виводу прогнозованої події.

Важливим елементом процесу прогнозування є вибір моменту його ініціації. У протилежному випадку, прогнозування, як деякий процес, втрачав би сенс. Розглянемо, як визначається в рамках MLS момент, коли необхідно реалізувати прогнозування. Такий момент визначається наступними факторами:

- наявність передумов, що обумовлюють необхідність проведення прогнозу;
- можливість формування логічного опису події, яку передбачається прогнозувати;
- можливість визначення інтервалу через який може виникнути прогнозована подія.

Висновки

У середовищі, що визначається системою ISU і відповідною областю інтерпретації W_i, базовою умовою необхідності прогнозування є потреба у продовженні процесу розв'язку задачі, якщо останній на поточному етапі визначений не ефективним. Оскільки, в даному випадку мова йде про MLS то і процес розв'язку розглядається на рівні логіки його реалізації. Наприклад, якщо процес розв'язку представлений деякою логічною формулою, яка розмічена мітками часу, і на одному з етапів виявляється, що у відповідності до цих міток і пов'язаних із ними логічними змінними не вдається отримати позитивне значення формули, то цій формулі буде відповідати значення, яке дорівнює 1. У цьому випадку необхідно розширити логічну формулу таким чином, щоб фрагмент φ_{ij} з $L_i(\varphi_{i1}, ..., \varphi_{ik})$, де $\varphi_{ij} = l_i(y_{i1} * \cdots * y_{ir})$ став рівним 1. Тоді $\varphi_{ij} = l_i(y_{i1} * \cdots * y_{ir}) = 1$ вибирається в якості прообразу формули, яку необхідно вивести. У рамках прийнятих позначень, така формула записується у вигляді $L_i^P(y_{i1}^P, ..., y_{ik}^P)$.

Список літератури

1. *Клини С.К. Математическая логика. М.: Мир, 1973. – 240 с.*
2. *Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун А.А. Манематические методі построения прогнозов. М.: Радиосвязь, 1997.*
3. *Такеути Г. Теория доказаельств. М.: Мир, 1978.*
4. *Гильберт Д., Бернфйс П. Основания математики. Логические вічисления и формализация арифметики. М.: Наука, 1979.*
5. *Булос Дж., Джеффери Р. Вічислимость и логика. М.: Мир, 1994.*
6. *Коробчинський М.В. Проблемные вопросы организации управления групповым полетом беспилотных летательных аппаратов / О.А. Машков, М.В Коробчинський // Зб. наук. пр. Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова. – 2011. – №61. – С. 14-25.*
7. *Коробчинський М.В. Анализ возможностей средств математической логики в выявлении аномалий в системе управления БПЛА / М.В. Коробчинський // Зб. наук. пр. Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова. – 2012. – №65. – С. 165-172.*
8. *Коробчинський М.В. Моделювання управляючих процесів на основі використання логічних засобів / М.В. Коробчинський // Зб. наук. пр. Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2013. – №67. – С. 69-76.*

Надійшла до редколегії 01.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія післядипломної підготовки та управління Міністерства екології та природних ресурсів України, Київ.

АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНЫХ АСПЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

М.В. Коробчинский

В статье исследуются отдельные аспекты использования логических моделей для описания процесса решения задач, которые решает информационная система управления подвижными объектами. Доказывается утверждение о существовании вывода определенного события из системы логических формул, описывающих процесс решения задачи. Показано, что в рамках логической модели, описывающей возникновение тех или иных событий, является допустимой интерпретация определенного вывода, как процесса прогнозирования соответствующего события.

Ключевые слова: *аномалии, логические модели, распределенная система управления, движущиеся объекты, процесс решения задачи, процесс прогнозирования события.*

ANALYSIS OF CERTAIN ASPECTS OF LOGIC MODELS IN THE PROBLEMS OF DETECTION ANOMALIES IN THE DISTRIBUTION SYSTEMS OF MOBILE UNITS

M.V. Korobchinskiy

The article examines some aspects of the use of logic models for the description of tasks to be solved by the information system of mobile units. Proved the assertion of the existence of a specific event of withdrawal of logical formulas describing the process of solving the problem. It is shown that in the framework of the logical model describing the occurrence of certain events, a valid interpretation of a definite conclusion, as the process of forecasting the corresponding event.

Keywords: *anomalies, logical model, a distributed control system, moving objects, the process of solving the problem, the process of predicting events.*