

- особености відеообнаруження посторонних об'єктів в зоні переїзда з допомогою детекторів активності в кадрі зображення;
- особености функціонування переїздної відеосистем на охораняємих і неохраняємих переїздах в графіці руху поїздів.

Список літератури

1. Бойник А.Б., Германенко О.А. Відеоконтроль небезпечної зони залізничних переїздів // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2001. – № 4. – с.24-27.
2. Обеспечение безопасности движения на переїздах залізничних доріг світа. // Автоматика телемеханіки і зв'язь, 1997. – № 11 – с.30-31.
3. Телевізійні системи контролю на Державних залізничних дорігах ФРГ. // Жалізничні доріги світа, 1985. – № 3 – с.28-36.
4. Грязин Г.Н. Системи прикладного телебачення: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Політехніка, 2000. – 277с.: іл.

УДК 681.5.033:656.2

***В.М. Бутенко, к.т.н., (УкрДАЗТ)
С.Г. Чуб, к.т.н., (ДП „Орган з сертифікації АСУ УПП ЗТ”)***

**ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ
АВТОМАТИКИ**

Інтенсивний розвиток вітчизняних засобів і систем залізничної автоматики (СЗА), який зараз відбувається, обумовлений прийнятою „Концепцією та програмою реструктуризування на залізничному транспорті України” [1]. Відомо [2], що сучасні СЗА містять пов'язану між собою комп'ютерну, мікропроцесорну, мережеву апаратуру тощо. Вони мають ознаки великих систем, у яких об'єкти керування певним чином інтегровані з відповідними керуючими системами. Під час проектування таких СЗА, а також при їхньому аналізованні, наприклад, під час сертифікування, виникають певні системотехнічні проблеми. Ці проблеми багато у чому пов'язані з оцінюванням відповідності та довершеності як

СЗА в цілому, так і їх складових частин, зокрема, структур. Серед найбільш важливих структур слід відзначити технологічну структуру – сукупність засобів, обробляючих транспортні (матеріальні) потоки, а також інформаційну структуру – сукупність засобів перетворення інформації, керування тощо. Обидві структури СЗА є об'єктом оцінювання.

Вирішенню зазначених проблем присвячена достатня кількість досліджень, зокрема [3].

Найбільш розповсюджені методики аналізування обох структур базуються на застосуванні апарату теорії масового обслуговування (ТМО) [4]. Результатом аналізування з застосуванням моделей ТМО, як за звичай, є достатньо прості та точні для співвідношення, які дозволяють виконати оцінювання структур СЗА.

Відзначимо загальну особистість, притаманну співвідношенням, які можна отримати вище із застосуванням ТМО: вони можуть ефективно використовуватися при достатньо вагомих значеннях параметрів аналізованих потоків. В протилежному випадку при наявності потоків з малими інтенсивностями обчислення співвідношень ускладнюються та втрачають точність.

Існує інший підхід до рішення цієї проблеми, який заснований на використанні імітаційного моделювання (ІМ) у області малих інтенсивностей аж до одиничних подій [5]. Однак слід нагадати, що ІМ також використовує аналітичні моделі, які вбудовані у конкретні системи, тому не може вирішити кардинально проблему отримання достатньо адекватних моделей за відсутності вхідної інформації. Одною з головних причин цього уявляється певна некоректність постановки загальної задачі, а саме спроба отримати за допомогою різних підходів кількісні співвідношення при мінімумі інформації, або майже повній її відсутності. Однак на підставі одиничної події, наприклад, проходження деталі вздовж технологічної структури СЗА, може бути отримана достатньо важлива інформація, яка не пов'язана з аналітичними співвідношеннями та кількісними оцінками. Наприклад, певну цінність складає інформація про те, містить чи ні аналізована технологічна структура СЗА логічні протиріччя, які призводять до різних видів несинхронізму. Відповідь на ці питання, яка є бінарним („так”–„ні”), є не менш важливою, ніж аналітичні співвідношення. Природно, під „так” розуміють достатньо строге формальне доведення факту коректності структури. Саме для такого моделювання уявляється доцільним та раціональним використання апарату сітей (мереж) Петрі (СП), у якому закладений принцип відмовлення від

введення часу та заміна його причинно-наслідковими зв'язками (асинхронна модель).

Застосуванню апарату СП для аналізування транспортних систем і потоків присвячена певна кількість досліджень, зокрема, [6]. Однак достатньо прості у інженерному використанні методики аналізування структур СЗА не набули розповсюдження. На думку авторів, це відбувається через те, що зараз використовуються не всі можливості апарату СП. Зокрема, не набув достатнього розповсюдження підхід, заснований на матричному уявленні СП.

Зараз існує та експлуатується певна кількість моделюючих програмних пакетів з застосуванням СП. Однак будь-які результати комп'ютерного моделювання не є абсолютним доведенням будь-якого ствердження. У багатьох випадках замовника (дослідника) влаштовує тільки формулювання та доведення певних стверджень-теорем, а цей процес є суттєво творчим, унікальним та не властивим інженерній практиці.

Метою цієї статті є розробка підходу до аналізування структур СЗА, який базується на використанні апарату СП і надає можливість розробити достатньо прості у інженерному використанні методики оцінювання структур СЗА.

Як відомо [7], у теоретико-графовому уявленні СП (*O/P*-сіть) є двохдольним орієнтованим мультиграфом:

$$O/P = (O, P, F, M),$$

де *O*-множина операндів;

P-множина перетворювачів;

F-множина маркованих дуг;

M-множина розміток.

Це уявлення є близьким до аналогічного уявлення як технологічної, так і інформаційної структур СЗА. Для обґрунтування цього виводу наведемо певні аналогії між основними поняттями та визначеннями. До таких віднесемо : подія, дія, процес.

Під подією будемо розуміти певний перехід у СП, дія якого є реалізацією події, а процес є сукупністю дій.

Приклад графічного уявлення СП наведений на рис. 1. У ньому подія позначена символом „ | „ (бар'єр). Причинно-наслідкові зв'язки відображені у вигляді направлених дуг.

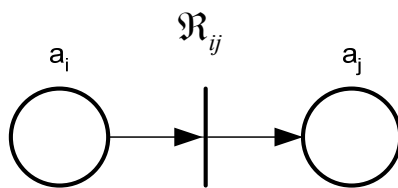


Рис. 1. Графічне уявлення СП

Стосовно технологічних структур СЗА поняття „подія” має достатньо простий технологічний сенс. Наприклад, подія, яка відображується оператором \mathcal{R}_{ij} на рисунку 1, може означати вагонопоток (вантажопоток або інше). Певна кількість таких подій утворює множину переходів. Здійснення будь-якої події пов’язане з виконанням певних умов, які зветься умовами реалізації події. Існують передумови-умови, без виконання яких подія не зможе настати, а також постумови - умови, які настають в результаті реалізації події. В апараті СП цим умовам відповідає поняття „місце”. Місця позначаються колами (рисунок 1), у яких умови (відповідно передумови та постумови), описані відповідними операторами.

Якщо розглядати подію \mathcal{R}_{ij} стосовно СЗА, продовжуючи наведений вище приклад-транспортування від позиції i до позиції j , то передумовою \mathcal{R}_i буде завершення транспортування до позиції i , а постумовою \mathcal{R}_j - можливість продовження транспортування до позиції j . Логіка оператора \mathcal{R}_{ij} може бути описана наступним чином: перехід об’єкту транспортування з позиції i до позиції j здійснюється (спрацьовує) по завершенні транспортування на позицію i .

Кожне місце може бути розміченим, тобто містити одну або декілька фішок. Стосовно технологічної структури СЗА фішка-один вантаж (або нероздільна партія вантажів). Фішка позначається крапкою всередині кола-місця. В кожне місце може бути покладено одну або декілька фішок. Місце може містити цифру, яка позначає кількість покладених туди фішок. Спрацювання переходу є нероздільним та змінює розмітку вхідних та вихідних місць наступним чином: з кожного вхідного місця береться по одній фішці, в кожне вихідне місце додається по одній фішці. З декількох переходів, які мають спільне вхідне місце, спрацьовує тільки один, тим самим не дозволяє іншим переходам спрацювати. Слід відмітити, що колізії між переходами вирішуються зовні СП, наприклад, з

використанням алгебри логіки. Сіть зупиняється, якщо ні один перехід не може спрацювати. Проводячи аналогію з матеріальними потоками в СЗА, слід відмітити, що саме згідно цих правил і здійснюється рух матеріальних потоків. Зупинку сіті можна інтерпретувати подвійно: або як повне завершення транспортування через виконання завдання, або як аварійне зупинення.

Слід виділити чотири основних властивості СП [7], які є важливими для аналізу структур СЗА. Це обмеженість (безпека), схоронність, активність, досяжність.

Для встановлення зв'язку між наведеними властивостями СП та певними проблемами щодо аналізу структур СЗА, наведемо визначення, які конкретизують ці властивості.

Зокрема, позиція СП є k - обмеженою (k - безпечною), якщо кількість фішок у ній не перевищує k . СП є k -обмеженою, якщо k - обмежені всі її позиції. Ця властивість може бути ефективно використана для діагностики завантаження обладнання. Для кожного виду технологічного, транспортного та іншого обладнання є відомою максимально припустима кількість вантажів, оброблюваних одночасно. Метою діагностування є своєчасне виявлення ситуацій надмірного перенавантаження обладнання.

Властивість „схоронність”, а також пов'язане з нею поняття „строге зберігання” передбачає, що кількість фішок в СП ні при яких умовах не зміниться. Відповідна СП зветься зберігаючою. Можливим є варіант аналізу схоронності з урахуванням „зважування” фішок. Стосовно СЗА з використанням цього поняття можна досліджувати ситуації, які пов'язані з можливою втратою (припиненням транспортування) будь-яких вантажів у технологічній структурі.

Поняття „активність” пов'язане з поняттям „тупик”. Під тупиком розуміють перехід СП, який ніколи не може спрацювати. Активна СП не містить тупиків. Існує поняття „активність рівню n ”, яка свідчить, що перехід може бути запущеним не більше n разів. На основі поняття „активність” може бути проаналізована коректність структури СЗА, а також виявлені ситуації, пов'язані з тупиками у аналізованій структурі.

Поняття „досяжність” пов'язано з вирішенням задачі про досягнення розмітки τ' з розмітки τ для СП, що стосовно СЗА є рівнозначним визначенню завершуваності транспортування в залежності від різних ситуацій. Це також характеризує коректність структури СЗА.

Узагальнюючи зазначене вище стосовно аналізованих властивостей СП, слід відмітити, що через аналіз з використанням СП може бути проаналізована коректність структур СЗА та виявлені основні типи

некоректності: тупикові позиції та нереалізовані шляхи, локальні надмірного навантаження, перерви транспортування, втрата вантажів і т. ін.

Слід відмітити, що існуюча зараз методологія виявлення зазначених некоректностей не завжди є зручною для інженерної практики. Справа в тому, що типова методологія містить формалізування об'єкту з побудовою відповідної СП, далі формулювання та доведення відповідних теорем відносно властивостей аналізованої СП. Відмітимо певні складнощі, які притаманні розглядуваній методології. По-перше, одним з найбільш тонких моментів є правильний вибір ступеню деталізації під час формалізації об'єкту. Відповідна СП може, з одного боку, виявитися достатньо здатною до вивчення, але, з іншого боку, можуть бути знехтувані певні суттєві особливості. Моделювання без врахування цих особливостей може перестати відповідати своєму призначенню. Крім того, надто складна СП, яка відбиває усі дрібниці, досліджується погано і складнощі, які стоять на цьому шляху, будуть зводити внівець ефективність розглядуваної методології. Загальні правила, які дозволяють автоматично вирішити цю колізію, досі не набули розповсюдження. Тому кожного разу етап обґрунтованої формалізації конкретної структури СЗА з побудовою СП є у певному сенсі кроком унікальним та творчим.

Механізм доведення сформульованих стверджень щодо властивостей аналізованої СП базується на знанні та коректному використанні багаточисельних теорем, які існують у апараті СП. Це призводить до унікальності кожного конкретного ствердження.

Більш раціональним уявляється підхід, який пов'язаний з матричним уявленням СП [7]:

$$\Omega = (P, T, I, O),$$

де T - множина переходів;

P - множина позицій;

I - вхідна функція;

O - вихідна функція.

В цьому визначенні СП може бути представлена у вигляді двох матриць розмірності $m \times n$: Δ^- та Δ^+ , які представляють вхідну та вихідну функції відповідно, де m - кількість переходів, n - кількість позицій. Вхідна матриця визначає входи у переходи:

$$\Delta^{-}[i, j] = \# [P_i, I(t_j)] \quad (1)$$

Вихідна матриця-виходи з переходів:

$$\Delta^{+}[i, j] = \# [P_i, O(t_j)]. \quad (2)$$

Матриця змін буде:

$$\Delta = \Delta^{+} + \Delta^{-}. \quad (3)$$

З використанням матричного уявлення СП та співвідношень (1)-(3) доведення властивостей зберіганості та досяжності може бути проведене за допомогою обчислень, що є суттєво сприятливішим у інженерній практиці. Зокрема, доведено [7], що СП є зберігаючою тоді та тільки тоді, коли існує такий позитивний вектор \mathfrak{Z} (вектор зважування), що

$$\Delta \cdot \mathfrak{Z} = 0. \quad (4)$$

Далі, якщо розмітка τ' є досяжною з розмітки τ , тоді рівняння

$$\tau' = \tau + x \cdot \Delta \quad (5)$$

має ціле невід'ємне рішення.

Методологія, яка реалізує цей підхід, та заснована на матричному уявленні СП, у інженерній практиці уявляється наступною. Етап формалізування об'єкту не відрізняється від відповідного етапу альтернативної методології з усіма притаманними йому складнощами. Це є специфікою апарату СП. Далі формуються вхідна та вихідна матриці, описуються функції I та O , обчислюється матриця Δ . Після цього здійснюються обчислення відповідно до (4),(5). Ці обчислення не мають суттєвих особливостей, є типовими матричними обчисленнями та можуть бути виконані будь-яким з відомих засобів.

Висновки. Таким чином, запропоновано підхід до аналізування коректності та довершеності структур СЗА, який базується на матричному уявленні СП.

Встановлено зв'язок між основними поняттями і властивостями СП та структур СЗА.

Реалізація запропонованого підходу містить досить малий відсоток унікальних творчих процедур та заснована здебільшого на типових матричних обчисленнях.

Перспективою розвитку запропонованого підходу є розробка достатньо зручних у використанні комп'ютерних обчислювальних програм, які базуються на відомих апробованих програмних пакетах для матричних обчислень.

Список літератури

1. Концепція та програма реструктуризування на залізничному транспорті України // Міністерство транспорту України, Державна адміністрація заліз. транспорту. – К.: 1998. - 143 с.

2. Бутенко В.М., Кузьменко Д.М., Максименко О.М., Шевченко Р.В., Монастирський А.Г., Зубко А.П. Микропроцессорная горочная автоматическая централизация // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте.- 1998.-№4.-с.102.

3. В. Ларюшкін, О. Коломієць, О. Соколов, В. Соколов Технічні умови на послуги залізничного транспорту // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. - № 3 (18). С. 67-71.

4. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. М., „Мир”, 1965. 302 с.

5. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания.- М.: Наука, 1987.-336 с.

6. Федюшин Ю.М. Сети Петри. Применение и состояние теории (обзор)//информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1997. - № 1. – С. 25-27.

7. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем.-М.: Мир, 1984.- 264 с.