

УДК 65.012

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОЇЗДОМ

Кічкін О.В.

INTELLIGENT TRAIN CONTROL SYSTEM

Kichkin A.V.

В роботі розроблена інтелектуальна система управління поїздом на ділянці руху. Для цього вирішено задачу автоматизованого збору інформації про технологічні параметри руху поїздів по ділянці за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій для подальшої статистичної адаптації ("машинного навчання") нечіткої моделі управління режимами тяги поїздів. Застосування інформаційних технологій і, зокрема, технології RFID спільно з нечітким моделюванням параметрів тяги та GPS-позиціонуванням поїзду забезпечило максимально точне вимірювання маси поїзда і оптимальних точок ділянок руху, в яких необхідно перемикаєти режими тяги локомотива (контролер машиніста).

Ключові слова: тяга поїздів, ділянка руху, обладнання RFID, параметри руху поїздів, контролер машиніста.

Вступ та актуальність. Проведений аналіз свідчить, що існуючий підхід до автоматизації розрахунку технологічних характеристик руху поїздів на ділянках з підйомами та спусками базується на класичних методах без урахування сучасних можливостей автоматизованого вимірювання та ідентифікації маси і ділянок руху поїздів, а також розвитку математичного апарату моделювання, що переводить таку автоматизацію в клас «інтелектуальних» систем, робить обрану тему дослідження актуальною та потребує вирішення наступних задач:

1. Удосконалення існуючої нечіткої моделі управління тягою поїзда [6,9] за рахунок використання адаптивних нейронечітких моделей та їх «машинного навчання».

2. Удосконалення ідентифікації параметрів руху поїзда для більш точного їх вимірювання.

3. Створення інформаційної основи вирішення задач управління тягою поїзда на ділянці руху.

Метою роботи є удосконалення управління тягою потягу на ділянці руху за рахунок автоматизованої ідентифікації та нейронечіткої адаптації параметрів руху.

Основний матеріал. Рішення задач автоматизованого управління режимами тяги поїздів

зводиться в спрощеному вигляді до задачі управління виду:

$$F(t) = m \cdot a(t) \quad (1)$$

Тут $F(t)$ і $a(t)$ - сила тяги і прискорення відповідно, змінюються в часі t . При цьому точність тягових характеристик, а значить і максимальна оптимальність управління залежать від:

- точності вимірювання маси поїзда m ;
- точності вимірювання моментів часу t ,

відповідних оптимальним точкам ділянок руху, в яких необхідно перемикаєти режими тяги локомотива (контролер машиніста).

Схема виведення в моделі управління режимами тяги поїздів (модель типу Сугено) при використанні m правил і n вхідних змінних, де X - параметри моделі управління тягою поїзда, Y - модельовані значення положення контролеру машиніста, має наступний вигляд:

$$\text{ЯКЩО}(X_n = A_n^{(i)}) \text{ТОДИ}(Y_i = P_{i0} + \sum_{j=1}^n P_{ij} X_j). \quad (2)$$

Ліва умова правила виведення реалізується функцією:

$$\mu_A(x_i) = 1 / (1 + ((x_i - c_i) / \sigma_i)^{2bi}). \quad (3)$$

Агрегований вихідний результат для m правил має вигляд

$$y(x) = \sum_{i=1}^M w_i y_i(x) / \sum_{i=1}^M w_i. \quad (4)$$

$$y_i = P_{i0} + \sum_{j=1}^n P_{ij} x_j. \quad (5)$$

Відповідна багатошарова нейронна мережа виглядає наступним чином.

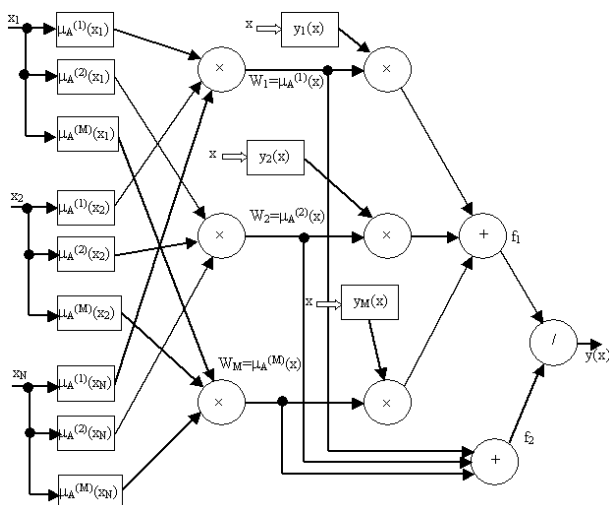


Рис. 1. Багатошарова нечітка нейронна мережа ANFIS

1. Перший шар виконує фазифікацію кожної змінної. Це параметричний шар з параметрами $c_j^{(i)}, \sigma_j^{(i)}, b_j^{(i)}$, що підлягають адаптації в процесі навчання.

2. Другий шар виконує агрегацію окремих змінних, визначаючи результуюче значення функції належності $w_i = \mu_A^i(x)$ для вектору x .

3. Третій шар - генератор функції Сугено, розраховує значення за формулою (5).

У цьому шарі також робиться множення $y_i(x)$ на w_i , сформовані в попередньому шарі. Тут адаптації підлягають ваги P_{ij} , $i = 1 \div m, j = 1 \div n$.

4. Четвертий шар складають два нейрон-суматори, один з яких розраховує зважену суму сигналів y , а другий - суму вагів w .

5. П'ятий шар з одного нейрона - це нормалізуючий шар, в якому вихідний сигнал мережі агрегується по формулі (4).

Структура бази знань для практичної реалізації моделі в системі управління поїздом формалізується за допомогою поняття рівня, який відповідає параметрам ділянки руху, характеристикам поїзду та конкретній моделі локомотива. Кожен рівень визначається таким чином:

$$KB = DB + RB,$$

$$\text{рівень}(t, n) = DB(t, n) + RB(t, n),$$

$$DB = \bigcup_t DB(t, n),$$

$$RB = \bigcup_t RB(t, n), \quad (6)$$

де $DB(t, n)$ - лінгвістичні сектори даних, $RB(t, n)$ - лінгвістичні правила.

Побудова бази знань складається з наступних кроків.

1) Генерація $RB(t, n)$:

- формується $DB(t, n)$;

- застосовується метод генерації лінгвістичних правил LR до термів, що знаходяться в заданих секторах:

$$LR(DB(t, n), E_p), \quad (7)$$

де E_p - безліч вхідних/вихідних змінних.

2) Генерація $RB(t + 1, 2n - 1)$:

- обчислюється $\delta(E_p, RB(t, n))$;

- обчислюється $\delta(E_p, R_i^n)$ для кожного правила;

- вибираються «погані» правила з $RB(t, n)$, які розширюватимуться в $RB(t + 1, 2n - 1)$:

якщо $\delta(E_p, R_i^n) \geq \alpha \cdot \delta(E_p, RB(t, n))$, то

$R_i^n \in RB_{bad}$, інакше $R_i^n \in RB_{good}$

де RB_{bad}, RB_{good} - бази, що містять правила з «поганим/добрим уявленням»,

α - ознака розширюваності;

- отримується $DB(t + 1, 2n - 1)$ побудовою $DB_{xy}(t + 1, 2n - 1)$ для всіх вхідних змінних $x_j (j = \overline{1, m})$ і $DB_y(t + 1, 2n - 1)$ для вихідної змінної y положення контролера машиніста;

- комбінуються терми, які використовувалися в правилах з «поганим уявленням» і генеруються нові правила.

3) Побудова бази правил

$$RB = RB_{good} \cup RB(t + 1, 2n - 1), \quad (8)$$

Може вийти так, що знов побудований набір $(2n - 1)$ лінгвістичних правил не дасть потрібного результату, хоча підмножина з $(2n - 1)$ - лінгвістичних правил дозволить отримати необхідний результат. У такому разі необхідно враховувати надмірність бази правил [11, 12, 13, 14].

Заповнення бази знань системи інформацією відбувається за рахунок виконання наступних кроків.

1. Формування бази даних RFID-мітки ділянки колії
2. Формування бази даних RFID-мітки поїзда
3. Зчитування інформації сканером локомотива з RFID-мітки ділянки колії

4. Формування бази даних «машинного навчання» моделі руху по ділянці колії даними ділянки
5. Зчитування інформації сканером ділянки колії з RFID -мітки поїзда.
6. Формування бази статистичних даних моделі руху поїздів на ділянці колії даними поїзда.
7. “Машинне навчання” моделі руху поїздів на ділянці колії за рахунок статистичних даних.
8. Визначення координат точки зміни положення контролеру машиніста за допомогою GPS.
9. Формування даних про режими руху поїзда для даної ділянки колії
10. Виведення рекомендацій для машиніста локомотива на екрані бортового комп'ютера щодо зміни режиму тяги: поворот контролера машиніста на певну кількість положень і визначення моменту початку розбігу (для ділянки підйому) та гальмування (для ділянки спуску).

Кінцева апаратура та пристрої визначають інформаційні потоки, що дозволяють збір, обробку та відповідне використання їх для конкретних цілей управління, зокрема рухом поїзда на ділянці. Ці потоки використовують формат потоків даних, розроблений виробником базового програмного забезпечення та відповідної кінцевої апаратури. Якщо необхідно писати програми, які взаємодіють з цими пристроями, то треба написати код для виконання наступних дій:

- Встановлення каналів обміну інформацією, наприклад, TCP / IP або COM-порт RS232.
- Посилання запиту (або команди) пристроям(ів).
- Моніторинг надходження потоків відповідних даних від пристрою.
- Збирання та синтаксичний аналіз отриманих потоків даних та активізація відповідних тригерів для необхідної реакції.

Велика частина такого коду може повторно використовуватися для інших пристроїв. Отже, корисно використовувати засоби моделювання для генерування повторно використовуваного коду і спрощення програмування управління пристроєм. Для цієї мети використано IBM RFID DDK (тут і далі званого Device Developer)[16,17].

RFID DDK є набором інструментальних засобів для моделювання комунікаційних каналів (рівень з'єднання і транспортний рівень), потоків даних запиту і відповіді (рівень потоків даних пристрою) і тригерів, які відповідають потокам відповідних даних, в XML-форматі. Назвемо такий тип XML керуючою мовою розмітки (Control Markup Language - CML). У CML можна визначити параметри комунікаційних каналів з пристроями, команди для управління пристроями і відповіді пристроїв.

RFID-рішення на ділянці руху поїзда складається з декількох типів датчиків і пристроїв перетворення, таких як RFID-теги та зчитувачі,

візуальні індикатори, вимикачі та датчики. Різновидом є GPS-пристрій - тип датчика, який може надати інформацію про місце розташування. Для підключення та обміну даними з пристроями необхідний контролер для управління ними. Для вирішення поставленої мети було використано кінцевий контролер RFID. IBM використовує технологію Workplace Client Technology Micro Edition[18], засновану на технології Open Service Gateway initiative (OSGi)[18] для реалізації кінцевого контролера RFID, яка також називається WebSphere RFID Device Infrastructure. WebSphere RFID Device Infrastructure[17] (або кінцевий контролер) може підключатися, обмінюватися даними і управляти датчиками і пристроями перетворення, отримувати від них необроблені дані, збирати необроблені дані, фільтрувати небажані дані і посилати дані на WebSphere RFID Premises Server (тут і далі в тексті Premises Server) з гарантією надійності і узгодженості, навіть якщо мережа між кінцевим контролером RFID і Premises Server є нестабільною, що характерно для залізничних шляхів.

Кінцевий контролер RFID передає дані в Premises Server, який виступає в ролі посередника між кінцевими пристроями і корпоративними серверами. Premises Server обробляє дані і перетворює їх в значимі для використання зокрема у тягових розрахунках для ділянки руху поїзда. Потім отримані дані надсилаються на сервер-інтеграції через WebSphere Enterprise Service Bus. WebSphere Premises Server - це J2EE-додаток, яке використовує таке програмне забезпечення IBM як WebSphere Application Server, DB2 Universal Database Workgroup Server (або Oracle), WebSphere MQSeries, WebSphere Connection Server Micro Edition, Services Management Framework і Web-додаток для консолі адміністратора.

Premises Server посилає дані на сервер-інтеграції, який координує сервери, які виконують різні корпоративні завдання залізниці. Сервер-інтеграції в нашому рішенні RFID аналогічний серверам інтеграції в інших рішеннях, тому в нашому випадку використовується сервер інтеграції будь-якого типу, з яким вже працює залізниця. Наприклад, це може бути IBM WebSphere Business Integration для інтеграції використовуваних серверів.

Між кінцевим контролером RFID і використовуваними серверами є шина повідомлень, що складається з WebSphere Connection Server Micro Edition і Enterprise Service Bus. Завдяки такій архітектурі, дані передаються з кінцевого контролера RFID на сервери надійно і злагоджено[17,18].

На рисунку 2. показана типова архітектура RFID-рішення на ділянці залізниці для вирішення поставленого завдання.

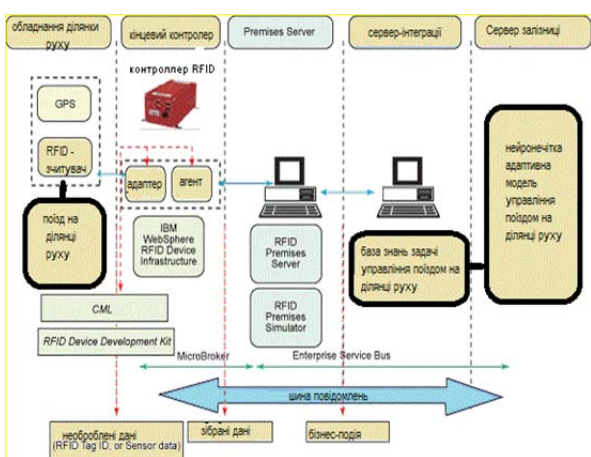


Рис. 2. Програмна архітектура RFID-рішення на ділянці залізниці

Накопичення інформації відбувається на сервері-інтеграції, а обчислення та моделювання тягових розрахунків на корпоративному сервері залізниці.

Висновок. Інтелектуальна система управління рухом поїздів вирішує поставлену задачу автоматизованого збору інформації про технологічні параметри руху поїздів по ділянці шляху за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій для подальшої статистичної адаптації («машинного навчання») моделі управління режимами тяги поїздів. При цьому застосування інформаційних технологій і, зокрема, технології RFID спільно з нечітким моделюванням параметрів тяги забезпечує максимально точне вимірювання маси поїзда і оптимальних точок ділянок руху, в яких необхідно перемикає режими тяги локомотива (контролер машиніста).

Література

1. Правила тягових розрахунків для поїзної роботи. М., 1985.
2. Тягові розрахунки. Методичні вказівки до курсового проектування під редакцією Ю. Н. Лікратова. Новосибірськ, 1989.
3. Рухомий склад та тягове господарство залізниць / Под ред. А. П. Третьякова. М., 1971.
4. Патент RU (11) 2380261 (51) МПК В61 L 25/02 (2006.01) «Система слідкування за залізничні вагони» (патентодержателя ДЖЕНЕРАЛ ЕЛЕКТРИК КОМПАНІ (US))
5. Корженевич І.П. Оцінка витрати палива або електроенергії через механічну роботу локомотива // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна. - 2009. -Вип. 29.
6. Скалозуб В.В., Іванов А.П. Моделі управління рухом поїздів на основі даних експериментальних поїздок. Локомотив інформ, - Харків: «Техностандарт», травень 2007
7. Блохін С.П., Пшінько О. М., Скалозуб В. В., Земляні У Б. Вибір енергетично оптимальних режимів ведення

поїздів // Залізничний транспорт України. - 2001. - № 6. - С.19-22.

8. Іванов А.П. Удосконалення нечіткої моделі управління режимами тяги поїздів (УДК 629.4.016.12), ІКСЗТ, 2010 № 4 11.
9. Городецкий, А.Г. Програмные средства интеллектуальных систем / А.Г. Городецкий. СПб.: СПбГТУ, 2000. 171 с. 4.
10. Джексон, П. Введение в экспертные системы: учеб. пособие / П. Джексон. М.: Вильямс, 2001. – 624 с. 5.
11. Андрейченков, А.В. Интеллектуальные информационные системы: учебник / А.В. Андрейченков. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
12. Nauck D., Klawonn F., Kruse R. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons.- 1997.- 305p.
13. <http://infokom.org/about-2/>
14. <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247147.pdf>
15. <https://www-01.ibm.com/software/wireless/wctme/j2me.html>
16. https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSUS84_7.5.2/com.ibm.ram.doc/topics/c_osgi_library.html

References

1. Pravila tyagovih rozrahunkiv dlya poyiznoyi roboti. M., 1985.
2. Tyagovi rozrahunki. Metodichni vказivki do kursovogo proektuvannya pid redaktsieyu Yu. N. Lkratova. Novosibirsk, 1989.
3. Ruhomiy sklad ta tyagove gospodarstvo zaliznits / Pod red. A. P. Tret'yakova. M., 1971.
4. Patent RU (11) 2380261 (51) MPK V61 L 25/02 (2006.01) «СИСТЕМА СЛІДУВАННЯ ЗА ЗАЛІЗНИЧНИ ВАГОНИ» (PATENTODERZHATELYA DZHENERAL ELEKTRIK KOMPANI (US))
5. Korzhenevich I.P. Otsinka vitrati paliva abo elektroenergiyi cherez mehanichnu robotu lokomotiva // Visnik Dnipropetrovskogo natsionalnogo universitetu zaliznichnogo transportu imeni akad. V. Lazaryana. - 2009. -Vip. 29.
6. Skalozub V.V., Ivanov A.P. Modeli upravlinnya ruhom poyizdiv na osnovi danih eksperimentalnih poyizdok. Lokomotiv Inform, - Harkiv: «Tehnostandart», traven 2007
7. Blohin E.P., Pshinko O. M., Skalozub V. V., Zemlyan I U B. Vibir energetichno optimalnih rezhimiv vedennya poyizdiv // Zaliznichniy transport Ukraini. - 2001. - # 6. - S.19-22.
8. Ivanov A.P. Udokonalennya nechitkoyi modeli upravlinnya rezhimami tyagi poyizdiv (UDK 629.4.016.12), IKSZT, 2010 # 4 11.
9. Gorodetskiy, A.G. Programmyie sredstva intellektualnyih sistem / A.G. Gorodetskiy. SPb.: SPbGTU, 2000. 171 s. 4.
10. Dzhekson, P. Vvedenie v ekspertnyie sistemyi: ucheb. posobie / P. Dzhekson. M.: Vilyams, 2001. – 624 s. 5.
11. Andreychenkov, A.V. Intellektualnyie informatsionnyie sistemyi: uchebnik / A.V. Andreychenkov. – M.: Finansi i statistika, 2004. – 424 s.
12. Nauck D., Klawonn F., Kruse R. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons.- 1997.- 305p.
13. <http://infokom.org/about-2/>
14. <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247147.pdf>
15. <https://www-01.ibm.com/software/wireless/wctme/j2me.html>
16. 18. https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSUS84_7.5

Кичкин А.В. Интеллектуальная система управления поездом.

В работе разработана интеллектуальная система управления поездом на участке движения. Для этого решена задача автоматизированного сбора информации о технологических параметрах движения поездов по участку за счет применения современных информационных технологий для дальнейшей статистической адаптации ("машинного обучения") нечеткой модели управления режимами тяги поездов. Применение информационных технологий и, в частности, технологии RFID совместно с нечетким моделированием параметров тяги и GPS-позиционированием поезда обеспечило максимально точное измерение массы поезда и оптимальных точек участков движения, в которых необходимо переключать режимы тяги локомотива (контроллер машиниста).

Ключевые слова: тяга поездов, участок движения, оборудование RFID, параметры движения поездов, контроллер машиниста.

Kichkin A.V. Intelligent train control system.

In work the intellectual system of management by a train on traffic area is developed. For this purpose, the task of automated collection of information on the technological parameters of train traffic was solved through the use of modern information technologies for further statistical adaptation ("machine learning") of the fuzzy model of control of traction modes of trains. The use of information technology and, in particular, RFID technology in conjunction with fuzzy modeling of traction parameters and GPS positioning of the train has provided the most accurate measurement of the train mass and the optimal points of the traffic areas in which it is necessary to switch the locomotive traction modes (driver's controller).

Keywords: traction of trains, traffic area, RFID equipment, trains parameters, driver's controller.

Кічкін О.В. – ст. викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин ЧНУ ім.В.Даля, e-mail: kichkin@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 13.04.2018.