

УДК 629.4.053

БАБАНИН О.Б., д.т.н., професор (УкрДУЗТ),
ГОРОБЧЕНКО О.М., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

Моделювання дій локомотивних бригад в ергатичній системі «машиніст-поїзд» за допомогою логіки предикатів

Babanin A., Dr. Eng, Professor (UkrSURT),
Gorobchenko A., PhD, Associated Professor (UkrSURT)

Modeling of locomotive crews actions in ergatic system "driver-train" using predicate logic

Постановка проблеми в загальному вигляді

Підвищення ефективності експлуатації тягового рухомого складу є одним з найактуальніших напрямків досліджень. Одним зі шляхів вирішення цього завдання є удосконалення систем керування, в тому числі впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (СППР). Це дозволить знизити можливий негативний вплив на експлуатацію невірних дій людини внаслідок некомпетентності, погіршення психо-фізіологічного стану, невірної оцінки ситуації тощо.

Аналіз досліджень і публікацій

Універсальність та можливість вирішення широкого кола завдань стали передумовами широкого розповсюдження СППР [1], в тому числі на залізничному транспорті [2]. Основним елементом в них є база знань, що імітує досвід людини та від якості складання якої залежить робота системи в цілому.

В [3] досліджено можливість використання апарату логіки для проектування баз знань. В [4] наведено спосіб представлення бази знань у вигляді схем ситуацій. Побудова кожної схеми ситуацій, що трапляються під час ведення поїзду, складається з наступних кроків. Вводиться вершина початкової ситуації (початкова вершина) з

унікальним індексом. Далі ітеративно з кожної вершини ситуації, починаючи з вихідної, проводяться дуги в вершини сприйняття, що вводяться за результатами інтерв'ю. Кожна з цих вершин відповідає одному з альтернативних висловлень, істинність якого в даній ситуації варто встановити. Всередині цієї вершини записується відповідне висловлення у вигляді формули предикатів першого порядку α . З кожної вершини сприйняття проводиться єдина дуга в вершину реакції, усередині якої записується дія d .

Будь-який шлях, що веде від вершини ситуації через вершину з формулою α дія (d) у вершину з дією d до вершини ситуації S_i , представляється парю формул:

$$S_i \cap \alpha, \supset \text{дія}(d), \quad (1)$$

$$\text{перехід}(d, S_i) = S_j. \quad (2)$$

Запис у першій із цих формул є скороченим записом атома *ситуація* (S_i), а потім *перехід* (d, S_i) у другій формулі є функцією. Таким чином, схема ситуацій є не чим іншим, як деякою формою подання формул.

Схема ситуацій може бути дуже великою і надлишковою, схем може бути декілька, глибина схеми може залежати від початкової ситуації, з якої починається процес її побудови. Число вершин і дуг схеми характеризує складність процесу отримання знань. Ця складність може бути зме-

ншена рядом прийомів. [5-6]. Один з них це об'єднання вершин, всі можливі шляхи з яких однакові, і перехід, таким чином, від дерева до графу.

Постановка завдання дослідження

Ціллю дослідження є представлення дій машиніста локомотива в базі знань у вигляді схем ситуацій. Для подання знань у розроблювальній системі доцільне застосування логіки предикатів першого порядку [4].

Викладення основного матеріалу

Відношення об'єктів середовища представляються мовою логіки предикатів, як і мовою логіки висловлень, у вигляді певних пропозицій (висловлень, формул логіки предикатів), що використовують об'єктні змінні і об'єктні константи.

Кожна об'єктна константа взаємно однозначно зіставляється в процесі інтерпретації з яким-небудь одним об'єктом середовища. Константа позначається рядком символів, що починається із прописної букви, і, частіше за все, цей рядок символів збігається з ім'ям або найменуванням об'єкта, наприклад, *Світлофор*, *Контролер*, *Машиніст* і т.д.

Константи, функції і змінні є термами. Введемо деякі з них.

Змінна *сигнал*, колом значень якої є *зелений*, *жовтий*, *білий*, *червоний*, *синій*, *невизначений*. Змінна *величина_тиску* в гальмівній магістралі поїзду, що приймає значення від нуля до встановленого тиску. Змінні *відстань_до_сигналу* та *відстань_до_перешкоди*, що приймають значення *велика*, *мала*.

Побудова схем ситуацій починається з первинної схеми. Вибирається початкова ситуація S_0 і експертові (досвіченому машиністу) задається питання: «Якщо ми перебуваємо в ситуації S_0 , то істинність яких альтернативних висловлень варто перевірити в цій ситуації?» Будемо вважати, що ситуація S_0 – поїзд, що знаходиться на станції перед відправленням на перегон.

Відповіддю на це питання є перелік наступних альтернативних висловлень, що підлягають перевірці на істинність або хибність:

наявність сигналу, що дозволяє рух поїзду;

наявність довідки ВУ-45 про проведене випробування гальм;

наявність вільної попереду лежачої ділянки колії;

наявність локомотива, готового до роботи (запущений дизель або піднятий пантограф);

наявність тиску в гальмівній магістралі на рівні встановленого;

наявність нормальних показань всіх приладів і датчиків контролю стану локомотива;

наявність показника складності нештатної ситуації нижче встановленого значення;

Після формалізації цих відповідей отримуємо частину схеми ситуацій, показану на рис. 1.

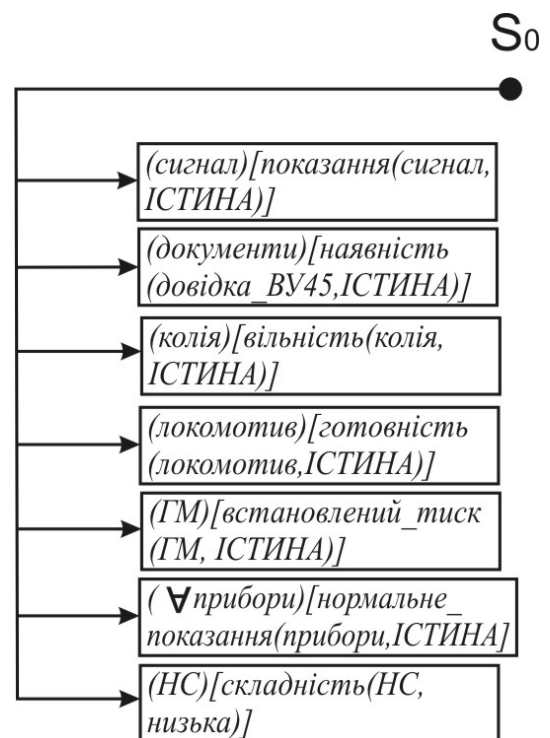


Рис. 1. Перший етап побудови схеми ситуацій

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

Далі потрібно продовжити опитування з урахування вже отриманих відповідей. В спрощеному вигляді питання можна сформулювати таким чином.

Якщо немає сигналу, що дозволяє рух поїзду - (сигнал[показання(сигнал, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо немає довідки про проведення випробування гальм (документи[наявність(довідка, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо колія зайнята - (колія[вільність(колія, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо локомотив не готовий до роботи - (локомотив[готовність(локомотив, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо тиск в гальмівній магістралі не дорівнює встановленому - (ГМ[встановлений_тиск(ГМ, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо показання будь-якого прибору відрізняються від нормального - (прибори[нормальне_показання(прибори, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо складність нештатної ситуації висока - (НС[складність(НС, висока)]), що робити далі?

Якщо всі відповіді на вищенаведені питання мають значення «ІСТИНА» -

(сигнал[показання(сигнал, ІСТИНА)] \wedge

документи [наявність (довідка, ІСТИНА)]

\wedge колія[вільність(колія, ІСТИНА)] \wedge

локомотив [готовність (локомотив,

ІСТИНА)] \wedge ГМ[встановлений_тиск(ГМ,

ІСТИНА)] \wedge \forall прибори

[нормальне_показання (прибори,

ІСТИНА)] \wedge НС[складність(НС, низька)],

що робити далі?

Можливими відповідями на ці питання можуть бути відповідно:

якщо немає сигналу – очікування сигналу, рушання заборонене. Схема ситуацій первинна S_0 ;

якщо немає довідки – очікування довідки, рушання заборонене. Схема ситуацій первинна S_0 ;

якщо колія зайнята – очікування звільнення колії, рушання заборонене. Схема ситуацій первинна S_0 ;

якщо локомотив не готовий до роботи – привести локомотив до робочого стану. Схема ситуацій для приведення локомотива до робочого стану S_{01} ;

якщо тиск в гальмівній магістралі не дорівнює встановленому – регулювати тиск в ГМ. Схема ситуацій для регулювання тиску в ГМ S_{02} ;

якщо показання будь-якого прибору відрізняються від нормального – визначити прибори з невідповідними показниками. Схема ситуацій для визначення приборів з невідповідними показниками S_{03} ;

якщо складність нештатної ситуації висока – виявити причину підвищеної складності нештатної ситуації (НС) [7]. Схема ситуацій для виявлення причини підвищення складності НС S_{04} .

якщо всі відповіді мають значення «ІСТИНА» – привести поїзд до руху. Ситуація для рушання поїзду S_1 .

Ці відповіді дозволяють завершити первинну схему ситуацій. В результаті отримаємо схему на рисунку 2.

Схема ситуацій для виявлення причини підвищення складності НС S_{04} .

На виникнення нештатних ситуацій впливають ряд факторів: технічні, людські та зовнішні. Своєчасне попередження машиніста локомотива про підвищення ризику виникнення транспортної події дозволить в деяких випадках уникнути її або мінімізувати наслідки.

Для виявлення тих чи інших факторів потрібно на локомотиві мати відповідні пристрої. В теперішній час розвиток локомотивобудування це передбачає, тобто широко використовуються бортові ЕОМ, сис-

теми бортової технічної діагностики, системи контролю дій локомотивної бригади під час руху поїзда, системи виявлення перешкод на шляху, визначення положення рухомого складу на перегоні і т. д.

Ситуація S_{04} потребує виявлення причин підвищення складності НС для того, щоб інформувати машиніста локомотива, а в подальшому і вбудувати в систему автоведення локомотива блок корегування управляючих впливів в залежності від даних про НС.

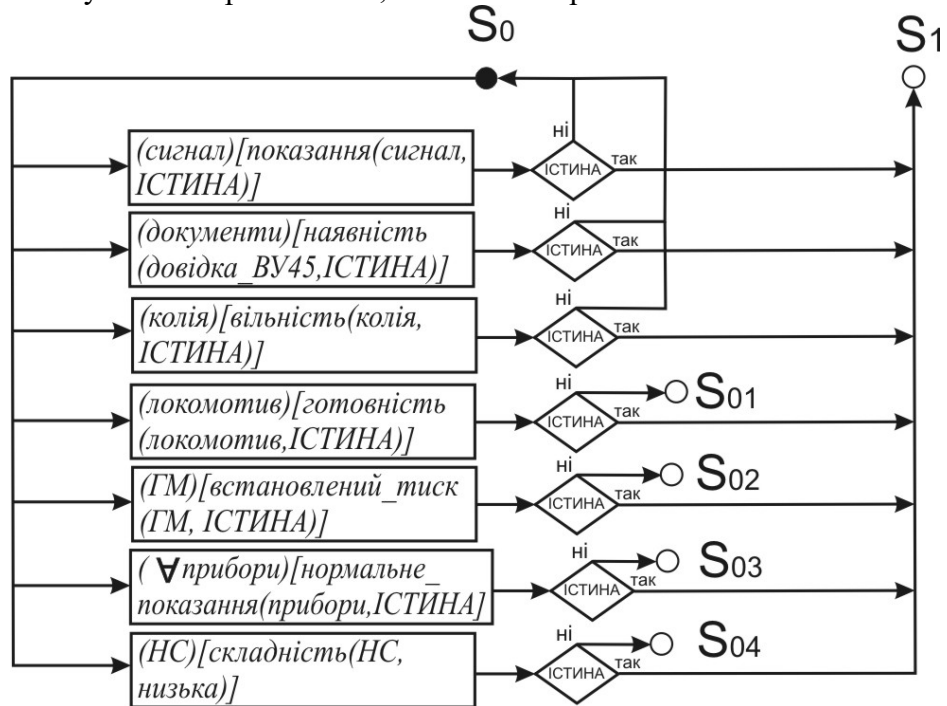


Рис. 2. Другий етап побудови схеми ситуацій

Задасмоь питанням «Якщо ми перебуваємо в ситуації S_{04} , то істинність яких альтернативних висловлень варто перевірити в цій ситуації?»:

- наявність хоча б одного технічного фактору (ТФ), величина якого велика;
- наявність хоча б одного людського фактору (ЛФ), величина якого велика;

- наявність хоча б одного зовнішнього фактору (ЗФ), величина якого велика.

Після виявлення найбільших вагів сигналів інформацію про них потрібно передати локомотивній бригаді та в систему керування рухом поїзду. Результат складання схеми ситуації S_{04} представлений на рисунку 3.

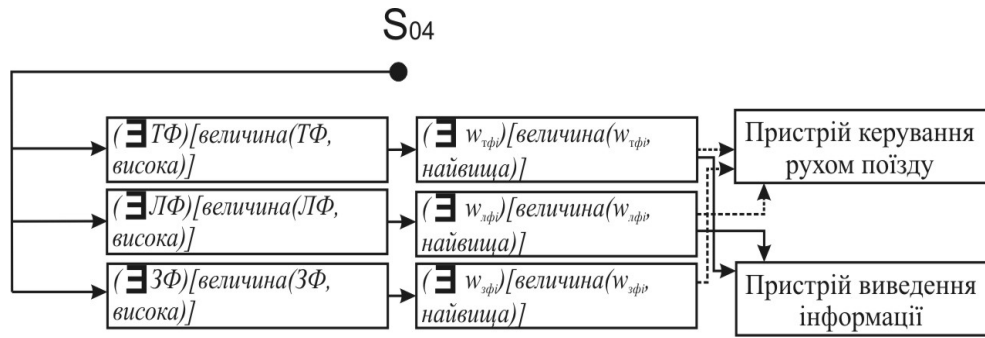


Рис. 3. Побудова схеми ситуацій S_{04}

Схема ситуацій для рушання поїзду S_1 .

Розглянемо ситуацію рушання поїзду S_1 . Експертів задається питання: «Якщо ми перебуваємо в ситуації S_1 , то істинність яких альтернативних висловлень варто перевірити в цій ситуації?»:

- наявність сигналу, що забороняє рух поїзду.
- наявність вільної поперед лежачої ділянки колії.
- наявність тиску в гальмівній магістралі на рівні встановленого.
- наявність нормальних показань всіх приладів і датчиків контролю стану локомотива.
- наявність показника складності нештатної ситуації нижче встановленого значення.
- наявність буксування колісних пар локомотива.
- наявність прискорення поїзду.
- наявність уповільнення поїзду.
- наявність швидкості в межах встановленої.
- наявність швидкості, що перевищує встановлену.
- наявність струму в ТЕД вище встановленого.

Подібно до створення схеми первинної ситуації потрібно задатися наступними питаннями.

Якщо є сигнал, що забороняє рух поїзду - (заборонний_сигнал[показання(сигнал, ІСТИНА)]), що робити далі?

Якщо колія зайнята - (колія[вільність(колія, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо тиск в гальмівній магістралі не дорівнює встановленому - (ГМ[встановлений_тиск(ГМ, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо показання будь-якого прибору відрізняються від нормального - (\forall прибори[нормальне_показання(прибори, ХИБА)]), що робити далі?

Якщо складність нештатної ситуації висока - (НС[складність(НС, висока)]), що робити далі?

Якщо є буксування - (буксування[наявність(буксування, ІСТИНА)]), що робити далі?

Якщо є прискорення - (поїзд[прискорення(поїзд, ІСТИНА)]), що робити далі?

Якщо є уповільнення - (поїзд[уповільнення(поїзд, ІСТИНА)]), що робити далі?

Якщо швидкість поїзду в межах встановленої - (поїзд[швидкість(поїзд, нижче_встановленої)]), що робити далі?

Якщо швидкість поїзду перевищує встановлену - (поїзд[швидкість(поїзд, вище_встановленої)]), що робити далі?

Якщо струм ТЕД перевищує встановлений - (ТЕД[струм(ТЕД, вище_встановленого)]), що робити далі?

Можливими відповідями на ці питання можуть бути відповідно:

якщо є заборонний сигнал – оцінити відстань до заборонного сигналу. Схема ситуацій для оцінки відстані до сигналу S_{11} ;

якщо колія зайнята – оцінити відстань до місця перешкоди, визначити характер перешкоди. Схема ситуацій для оцінки від-

стані до перешкоди S_{121} , схема ситуацій для оцінки характеру перешкоди S_{122} ;

якщо тиск в гальмівній магістралі не дорівнює встановленому – визначити причину відхилення тиску. Схема ситуацій для визначення причини відхилення тиску S_{13} ;

якщо показання будь-якого прибору відрізняються від нормального – визначити прибори з невідповідними показниками. Схема ситуацій для визначення приборів з невідповідними показниками S_{03} ;

якщо складність нештатної ситуації висока – виявити причину підвищеної складності НС. Схема ситуацій для виявлення причини підвищення складності НС S_{04} ;

якщо є буксування – усунути боксування. Схема ситуацій для усунення буксування S_{14} ;

якщо є прискорення – оцінити швидкість прискорення в залежності від поточ-

ного та подальшого профілю колії. Схема ситуацій для оцінки прискорення S_{15} ;

якщо є уповільнення - оцінити швидкість уповільнення в залежності від поточного та подальшого профілю колії. Схема ситуацій для оцінки уповільнення S_{16} ;

якщо швидкість поїзду в межах встановленої – регулювати її з точки зору зменшення витрат паливо-енергетичних ресурсів. Схема ситуацій для регулювання швидкості до раціональної S_{17} ;

якщо швидкість поїзду перевищує встановлену – застосувати регулювальне гальмування. Схема ситуацій для регулювального гальмування S_{18} ;

якщо струм ТЕД перевищує встановлений – оцінити поточний та подальший профіль колії, час перевантаження ТЕД і відповідно відрегулювати струм. Схема ситуацій для регулювання струму ТЕД S_{19} .

Графічно схема ситуацій S_1 представлена на рисунку 4.

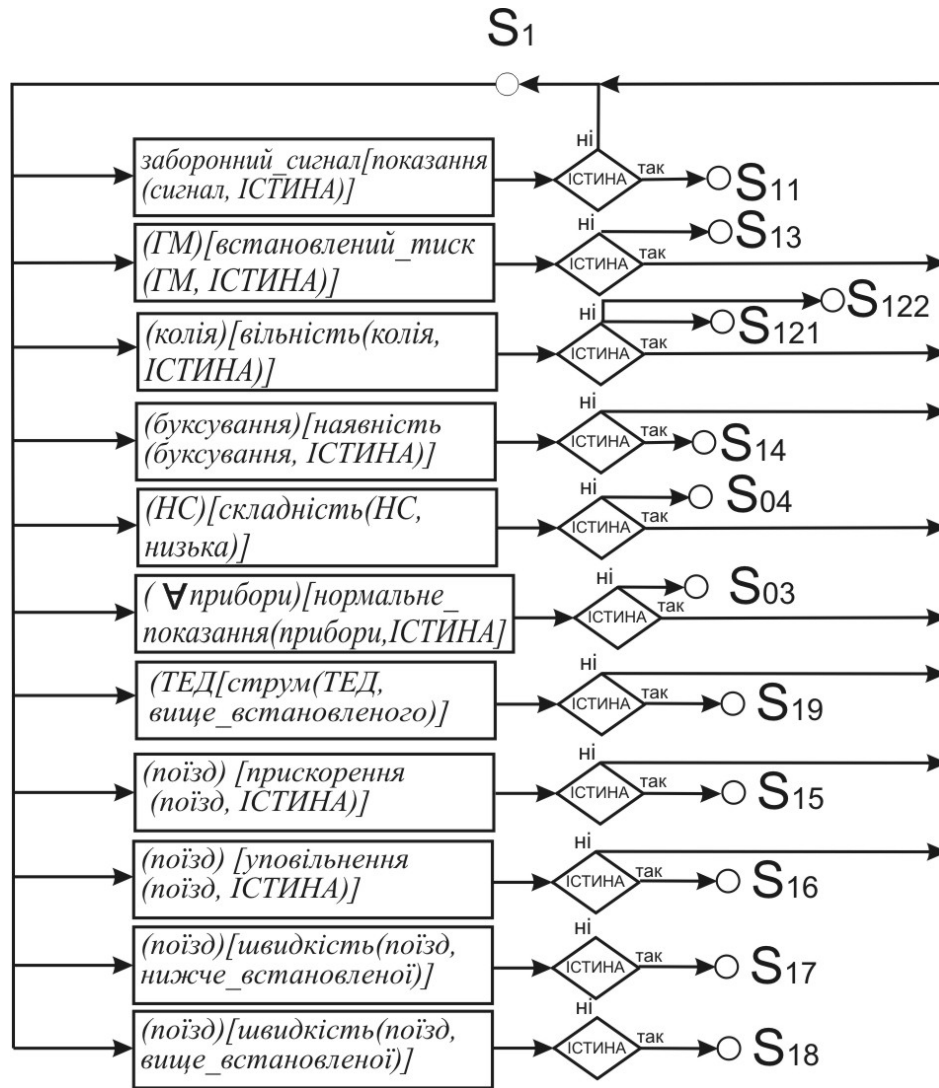


Рис. 4. Схема ситуацій для рушання поїзду S_1

Висновки

В роботі розроблено модель представлення керуючої діяльності машиніста локомотива під час ведення поїзду у вигляді схем ситуацій з використанням логіки предикатів першого порядку. В такому вигляді модель можна використовувати при розробці бази знань для бортової СППР. Після того, як схема побудована і логіка бази перевірена фахівцями, потрібно переходити до програмної реалізації інтелектуальної системи.

Список літератури:

1. Thierauf R.J. Decision Support Systems for Effective Planing and Control.– N.J: Prentice Hall, 1982. – 536 p.

2. Скалозуб, В. В., Соловьев В. П., Жуковицкий И. В., Гончаров К. В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

3. Логический подход к искусственному интеллекту. от классической логики к логическому программированию / А. Тэйс, П. Грибомонт, Ж. Луис и др.: Пер. с фр. М.: Мир, 1998. – 494 с.

4. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта. М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 352 с.

5. Пospelov Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. – 228 с.

6. Rautenberg W. A Concise Introduction to Mathematical Logic. New York: Springer Science, LLC, 2010. – 318 p.

7. Горобченко О. М. Формалізація задачі поточної оцінки безпеки руху при управлінні локомотивом //Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 24. - К.: ДЕТУТ, 2014. - С. 214-221

6. Rautenberg W. A Concise Introduction to Mathematical Logic. New York: Springer Science, LLC, 2010. – 318 p.

7. Gorobchenko O. M. Formalizaciya zadachi potочної ocinki bezpeki ruhu pri upravlinni lokomotivom //Zbirnik naukovih prac' Derzhavnogo ekonomiko-tekhnologichnogo universitetu transportu Ministerstva osviti i nauki Ukraїni: Seriya «Transportni sistemi i tekhnologii». – Vip. 24. - K.: DETUT, 2014. - S. 214-221

Аннотації:

Розроблено модель представлення керуючої діяльності машиніста локомотива під час ведення поїзду у вигляді схем ситуацій з використанням логіки предикатів першого порядку. Модель є основою для розробки бази знань для бортової локомотивної СППР.

Ключові слова: логіка предикатів, машиніст, прийняття рішень, поїзна ситуація

Разработана модель представления управляющей деятельности машиниста локомотива во время ведения поезда в виде схем ситуаций с использованием логики предикатов первого порядка. Модель является основой для разработки базы знаний для бортовой локомотивной СППР.

Ключевые слова: машинист локомотива, логика предикатов, принятие решений, поездная ситуация

A model is developed to represent the management activities of a locomotive engineer during the train in the form of diagrams situations using predicate logic of first order. The model is the basis for developing a knowledge base for on-Board locomotive DSS.

Keywords: locomotive engineer, predicate logic, decision making, and a train situation

Spisok literaturi:

1. Thierauf R.J. Decision Support Systems for Effective Planing and Control.– N.J: Prentice Hall, 1982. – 536 p.

2. Skalozub, V. V., Solov'ev V. P., Zhukovickij I. V., Goncharov K. V. Intellektual'nye transportnye sistemy zheleznodorozhnogo transporta (osnovy innovacionnyh tekhnologij) – D. : Izd-vo Dnepropetr. nac. un-ta zh.-d. transp. im. akad. V. Lazaryana, 2013. – 207 s.

3. Logicheskij podhod k iskusstvennomu intellektu. ot klassicheskoj logiki k logicheskomu programmirovaniyu / A. Tehjs, P. Gribomont, Zh. Luis i dr.: Per. s fr. M.: Mir, 1998. – 494 s.

4. Devyatkov V.V. Sistemy iskusstvennogo intellekta. M.: Izd-vo MVTU im. N.EH. Baamana, 2001. - 352 s.

5. Pospelov Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. – 228 с.

УДК 532.781-785-548.1

ОСТАПЕНКО В.В., ассистент (ДонНАСА),
ЛУКЪЯНОВ А.В., д.т.н., профессор (ДонНАСА),