

УДК 629.4.072

ГОРОБЧЕНКО О.М., к.т.н., доцент (ДонІЗТ)

Моделювання виникнення нештатної ситуації в ергатичній системі «локомотивна бригада – поїзд»

Gorobchenko O., Ph.D., Associated Professor (DRTI)

Simulation of emergency situation in ergatic system "locomotive crew - the train"

Постановка проблеми

Процес керування локомотивом є одним з найвідповідальніших технологічних процесів на транспорті. Його вивчення та моделювання є актуальним завданням у зв'язку з постійним розвитком технічної бази залізниць. Більшість дій, що виконують локомотивні бригади регламентована різними інструкціями та керівництвами, але все ж таки під час руху виникають нештатні ситуації, що призводять до транспортних інцидентів. Необхідно визначити причини та шляхи розвитку таких ситуацій для ефективного уникнення їх утворення.

Аналіз досліджень і публікацій

Розглядання взаємодії локомотивної бригади та рухомого складу як ергатичної системи запропоновано в роботах [1, 2] і дає низку переваг. На процес керування рухом поїзду впливає велика кількість факторів. Умовно їх можна розділити на зовнішні фактори, людські та технічні фактори [3]. Складність опису та урахування впливу всіх складових на ефективність ведення локомотивів та безпеку руху спонукає до розгляду цього питання з використанням апарату нечіткої логіки та нейронних мереж.

Постановка завдання

Проектування моделі нештатної ситуації, що може виникнути в ергатичній системі «локомотивна бригада – поїзд» пропо-

нується виконати на базі гібридних мереж (що поєднують елементи нечіткого висновку з нейромережами). Для цього потрібно визначити теоретичне підґрунтя обрання типу нейронів, що використовуються при моделюванні та визначити структуру мережі.

Викладення основного матеріалу

Спрощена модель нештатної ситуації приведена на рисунку 1. Тут є два шари нейронів.

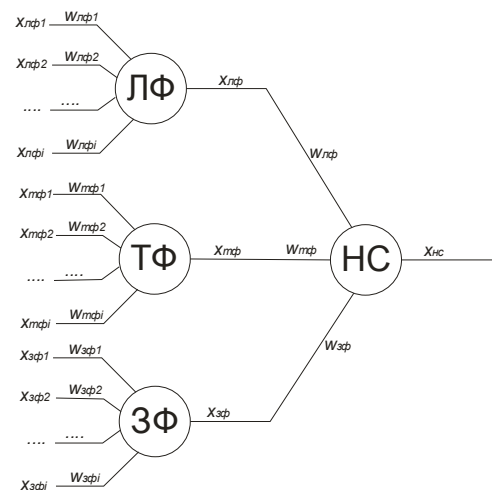


Рис.1. Моделювання виникнення нештатної ситуації за допомогою гібридної мережі

Перший шар складається з нейронів, що моделюють впливи різних факторів на виникнення нештатної ситуації: ЛФ – нейрон, моделюючий вплив людського фактору; ТФ – нейрон, моделюючий вплив те-

хнічних факторів; ЗФ – нейрон, моделюючий вплив зовнішніх факторів. $x_{лfi}$, $x_{тfi}$, $x_{зfi}$ – сигнали на вході мережі, $w_{лfi}$, $w_{тfi}$, $w_{зfi}$ – ваги сигналів.

Далі необхідно визначити тип нечітких нейронів, що будуть застосовані в першому шарі гібридної мережі. Існують нейрони «І» («AND») та «АБО» («OR») [4].

Нечіткий нейрон «І». Сигнали x_i і ваги w_i в даному випадку об'єднуються за допомогою трикутної конорми:

$$p_i = S(w_i, x_i), \quad i=1,2,$$

а вихід утворюється з використанням трикутної норми (рисунок 2):

$$y = \text{AND}(p_1, p_2) = T(p_1, p_2) = T(S(w_1, x_1), S(w_2, x_2))$$

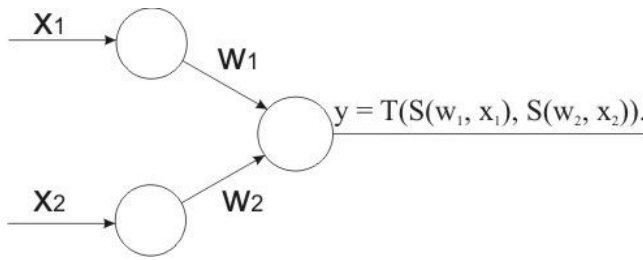


Рис. 2. Структура гібридного нейрону «І»

Якщо прийняти $T=\min$, $S=\max$, тоді нечіткий нейрон «І» реалізує композицію \min - \max :

$$y = \min(\max(w_1, x_1), \max(w_2, x_2))$$

Нечіткий нейрон «АБО». Сигнали x_i і ваги w_i тут об'єднуються за допомогою трикутної норми:

$$p_i = T(w_i, x_i), \quad i=1,2,$$

а вихід утворюється з використанням трикутної конорми (рисунок 3):

$$y = \text{OR}(p_1, p_2) = S(p_1, p_2) = S(T(w_1, x_1), T(w_2, x_2))$$

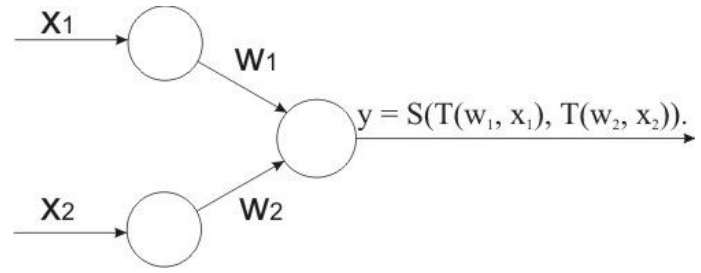


Рис. 3. Структура гібридного нейрону «АБО»

Якщо прийняти $T=\min$, $S=\max$, тоді нечіткий нейрон «АБО» реалізує композицію \max - \min :

$$y = \max(\min(w_1, x_1), \min(w_2, x_2))$$

Вибір типу нейронів обґрунтуємо за допомогою експериментального визначення складності нештатної ситуації за допомогою елементарної гібридної мережі, що складається з одного нейрона.

Для визначеності привласнимо сигналам наступні значення:

- $x_1 =$ «Не нормальна розрядка ГМ»=1; $w_1=1$;
- $x_2 =$ «Машиніст не стежить за показаннями швидкостеміру»=1; $w_2=0,5$;
- $x_3 =$ «Машиніст навмисно перевищує швидкість»=0; $w_3=0$.

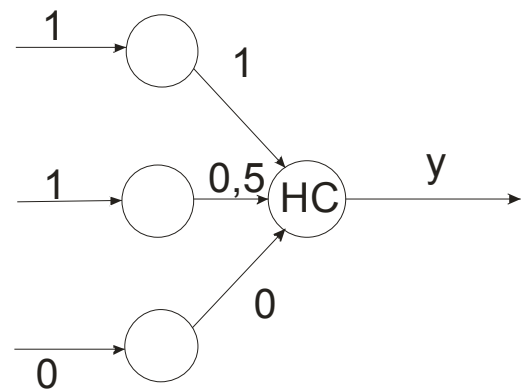


Рис. 3. Використання гібридного нейрону «І»

Враховуючи вищенаведені характеристики нейрону «І» значення $y =$ «Важкість нештатної ситуації» = $\min(\max(1, 1); \max(1, 0,5); \max(0, 0)) = \min(1, 1, 0) = 0$.

Це означає, що при моделюванні нештатної ситуації при відсутності будь-якого фактору на виході елементарної мережі завжди буде $y=0$, тобто відсутність нештатної ситуації. Однак очевидно, що при наявності таких факторів, як $x_1=$ «Не нормальна розрядка ГМ» та $x_2=$ «Машиніст не стежить за показаннями швидкостеміру», рівень складності нештатної ситуації повинен бути вище нуля.

Якщо за тих самих умов використати нейрон «АБО», то на виході елементарної мережі буде

$$y = \max(\min(1,1); \min(1,0.5); \min(0,0)) = \max(1,0.5,0) = 1$$

Наявність на виході мережі значення $y>0$ свідчить про адекватність моделі з використанням нейрону «АБО». На підставі цього робимо висновок, що в якості першого шару нейронів потрібно використовувати гібридні нейрони «АБО».

Далі потрібно визначити структуру і будову схованих шарів мережі. Немає строго визначеної процедури для вибору кількості нейронів і кількості шарів у мережі [4].

Чим більше кількість нейронів і шарів, тим ширше можливості мережі, тим повільніше вона навчається і працює і тим більше нелінійною може бути залежність вхід-вихід.

Кількість нейронів і шарів пов'язана:

- 1) із складністю завдання;
- 2) із кількістю даних для навчання;
- 3) із необхідною кількістю входів і виходів мережі;
- 4) із наявними ресурсами: пам'яттю й швидкодією машини, на якій моделюється мережа.

В якості структури мережі для моделювання нештатних ситуацій на транспорті використаємо багатшаровий перцептрон. Багатшарові перцептрони успішно застосовуються для рішення різноманітних складних завдань. При цьому навчання з учителем виконується за допомогою такого популярного алгоритму, як алгоритм зворотного поширення помилки (error back-

propagation algorithm). Цей алгоритм ґрунтується на корекції помилок.

Багатшарові перцептрони мають три відмітних ознаки [5].

1. Кожний нейрон мережі має нелінійну функцію активації. Важливо підкреслити, що дана нелінійна функція є гладкою (тобто такою, що всюди диференціюється). Самою популярною формою функції, задовольняючою цій вимозі, є сигмоїдальна, обумовлена логістичною функцією

$$y_i = \frac{1}{1 + \exp(-v_j)}$$

де v_j - індуковане локальне поле (тобто зважена сума всіх синаптичних входів плюс граничне значення) нейрона j ; y_j - вихід нейрона.

Наявність нелінійності грає дуже важливу роль, тому що в протилежному випадку відображення "вхід-вихід" мережі можна звести до звичайного одношарового перцептрону. Більше того, використання логістичної функції мотивовано біологічно, тому що у ній враховується відбудовна фаза реального нейрона.

2. Мережа містить один або кілька шарів схованих нейронів, що не є частиною входу або виходу мережі. Ці нейрони дозволяють мережі навчатися рішення складних завдань, послідовно витягаючи найбільш важливі ознаки із вхідного образу (вектора).

3. Мережа має високий ступінь зв'язаності, реалізованої за допомогою синаптичних з'єднань. Зміна рівня зв'язаності мережі вимагає зміни безлічі синаптичних з'єднань або їхніх вагових коефіцієнтів. Комбінація всіх цих властивостей поряд із здатністю до навчання на власному досвіді забезпечує обчислювальну потужність багатшарового перцептрону.

Висновки

Все це дає можливість зробити висновок про доцільність використання багатшарового перцептрону для нашої задачі.

При моделюванні нештатної ситуації ми визначили три кола факторів впливу, які моделюються гібридними нейронами ЛФ, ТФ та ЗФ (рисунок 1). Виходи цих нейронів є входами схованих шарів мережі, структурою яких є багатошаровий перцептрон. Таким чином з'являється інструмент для врахування таких впливів на систему «локомотивна бригада – поїзд», які не можливо врахувати класичними математичними методами.

Список літератури:

1. Пузир В.Г. Методика розрахунку надійності технічної ергатичної системи машиніст-локомотив // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 66. - С. 92-98.
2. Пузир В.Г. Надійність оператора і системи «машиніст-локомотив» // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.-Харків.-1999. - №3. -С.35-37.
3. Горобченко О. М. Розробка методу оцінки факторів, що впливають на дії локомотивних бригад в нештатних ситуаціях // Збірник наукових праць ДонІЗТ,вип.24 – Донецьк, 2010. – С.131-143.
4. Круглов В.В., Длі М.И., Голубов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.:Мир, 2004. – 224 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – М.: «Вильямс», 2006. – 1104 с.

Spysok Literatury:

1. Puzir V.G. Metodika rozrahunku nadijnosti tehnicnoi ergaticnoi sistemi mashinist-lokomotiv // Zb. nauk. prac'. –

Harkiv: UkrDAZT, 2005. – Vip. 66. - S. 92-98.

2. Puzir V.G. Nadijnist' operatora i sistemi «mashinist-lokomotiv» // Informacijno-kerujuchi sistemi na zaliznichnomu transporti.-Harkiv.-1999. - №3. -S.35-37.

3. Gorobchenko O. M. Rozrobka metodu ocinki faktoriv, shho vplivajut' na dii lokomotivnih brigad v neshtatnih situacijah // Zbirnik naukovih prac' DonIzt,vip.24 – Donec'k, 2010. – S.131-143.

4. Kruglov V.V., Dli M.I., Golubov R.Ju. Nechetkaja logika i iskusstvennye nejronnye seti. – M.:Mir, 2004. – 224 s.

5. Hajkin S. Nejrornyie seti: polnyj kurs, 2-e izd.,ispr. : Per. s angl. – M.: ООО «I.D. Vil'jams», 2006. – 1104 s.

Анотації:

Розглянуто питання моделювання виникнення нештатних ситуацій за допомогою гібридних нейромереж. Визначено структуру мережі, запропоновано функцію активації та тип гібридних нейронів.

Ключові слова: локомотивна бригада, нештатна ситуація, перцептрон, гібридний нейрон, поїзд

Рассмотрен вопрос моделирования возникновения нештатных ситуаций с помощью гибридных нейросетей. Определена структура сети, предложена функция активации и тип гибридных нейронов.

Ключевые слова: локомотивная бригада, нештатная ситуация, перцептрон, гибридный нейрон, поезд

Considered simulation of emergency situations using hybrid neural networks. Determined the structure of network, the activation function and the type of hybrid neurons are proposed.

Keywords: locomotive crew, emergency situation, perceptron neuron hybrid, train