УДК 004.93.1:656.073.5

Б.І. МОРОЗ, д.т.н., проф., зав. каф. АМСУ, Дніпропетровськ,
С.М. КОНОВАЛЕНКО, асп., нач. лаб. АМСУ, Дніпропетровськ

ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ПОРУШЕННЯ МИТНОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Розглянуто деякі аспекти розвитку автоматизованої системи аналізу ризиків порушення митного законодавства, а саме можливість застосування методів та засобів штучного інтелекту у вигляді нейромережевого моделювання. Описана модель нейронної мережі типу багатошаровий персептрон та використано ітеративний метод навчання з можливістю обходу локальних мінімумів. Іл.: 1. Табл.: 1. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: аналіз ризиків, нейронна мережа, персептрон, ітеративний метод.

Постановка проблеми. Одним з основних завдань у діяльності митних органів є здійснення митного контролю. До останнього часу у більшості випадків домінував метод безпосереднього митного контролю, його форми та глибину обирав інспектор [1]. Очевидно, що такий підхід збільшує часові обмеження пропуску та оформлення товарів, транспортних засобів. Окрім того, непоодинокі випадки подання суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності недостовірних відомостей про характеристики товарів з метою заниження (завищення) митної вартості, перевезення контрабанди. Концепція створення, впровадження та розвитку автоматизованої системи аналізу та керування ризиками передбачає використання сучасних інформаційних технологій та методів і засобів обробки інформації митного контролю [2, 3].

Аналіз літератури. Публікації в галузі впровадження інформаційних систем аналітики в рамках розвитку проекту *E-customs* носять концептуальний характер [1 – 3], виділяючи проблематику та формалізуючи загальні аспекти функціонування. Як видно із [4 – 6], великий інтерес представляє використання нейромережевих моделей в системах ідентифікації та розпізнавання, проте застосування цих парадигм штучного інтелекту в митної служби України досі предметно не розглядалась, тому розробка та застосування методів та засобів ідентифікації, яким були б притаманні такі риси як здатність до адаптації, навчання є задачею остаточно не вирішеною та потребує подальшого розвитку та дослідження.

Ціль статті. Метою статті є спроба формалізації та розробки моделі ідентифікації об'єкта, явища, що супроводжує митний контроль на основі математичного апарату нейронних мереж. Оскільки в деяких випадках вхідні данні можуть мати невизначений характер та з часом змінюватися,

то моделі ідентифікації необхідно надати такі властивості інтелектуальних систем як адаптивність, можливість оперувати розмитими даними, прийняття рішень в умовах невизначеності.

Митний контроль, як процес прийняття рішень. Під прийняттям рішення будемо розуміти складний процес в якому можна виділити наступні етапи:

1) Аналіз предметної галузі, проблеми що розглядається, тобто виділення факторів та ознак, що мають найбільш важливе значення.

2) Побудова математичної або алгоритмічної моделі процесу ідентифікації, щоб встановити або наблизити співвідношення між вхідним та вихідним вектором. Цей етап включає в себе опису та по-можливості побудови цільової функції змінних такої, значенням якої відповідала би найкраща ситуація з погляду прийняття рішення.

Оскільки класи об’єктів митного контролю можуть мати досить великий і різноманітний обсяг ознак, то для практичних цілей виділимо деякі з них, які згодом і використаємо:

– товари, об'єми ввезення яких за даними митної статистики України значно перевищують об'єми їх вивезення за даними митних статистик країн-контрагентів;

– товари, щодо яких є інформація про відсутність виробництва або товари, виробництво яких є нехарактерним для певної країни;

– товари, заявлені в одній декларації, але доставлені в декількох автотранспортних засобах, вагонах або контейнерах;

– пред’явлення товарів для митного оформлення в митний орган, відмінний від митного органу призначення, зазначеного в документі контролю за доставкою товарів;

– різниця між брутто і нетто вагою товарів, що перевозяться, відмінна від загальноприйнятої;

– вага одиниці товару не є характерною для даного товару або ідентичних чи подібних (аналогічних) товарів;

– заявлена митна вартість товарів значно відрізняється від ціни ідентичних чи подібних (аналогічних) товарів при їх увезенні на митну територію України;

– товари переміщуються через митний кордон України за зовнішньоекономічними договорами (контрактами), відмінними від договорів купівлі-продажу;

– одна зі сторін зовнішньоекономічного договору зареєстрована в офшорній зоні;

– "білі" та "чорні" списки учасників зовнішньоекономічної діяльності.

Представимо ідентифікаційні ознаки, як вхідну множину $x_i \in X$, а вихідний результат процедури розпізнавання, в контексті системи аналізу ризиків, опишемо як множину зі ступенями ризику Y = {високий, помірний, низький}. Як бачимо вхідні та вихідні вектори мають різношкальні характеристики, включаючи навіть лінгвістичні значення, тому відповідні вектори потребуватимуть додаткового нормування та кодування.

Система класифікації на основі нейронних мереж. За останні 15 років дуже корисними з погляду розпізнавання образів виявились моделі нейронних мереж, чисельність комерційних програм що їх використовує постійно збільшується. Одними з найкорисніших переваг з погляду класифікації та розпізнавання образів є здатність до навчання та узагальнення накопичених знань [6].

Для побудови нейромережевої моделі необхідно:

– визначити архітектуру нейронної мережі;

– визначити процедуру навчання мережі;

– визначити критерій якості та шлях його оптимізації.

З відомих архітектур нейронних мереж універсальним апроксиматором є багатошаровий персептрон прямого поширення сигналу та зворотного розповсюдження помилки [7 – 10]. Як зазначалось вище ми виділили 10 вхідних змінних та одну вихідну з трьома станами. Для того щоб навчити багатошаровий персептрон, треба привести вхідний та асоційований з ним вихідний вектори у відповідність до того вигляду, з яким може працювати наша нейронна мережа.

Вихідний вектор має три категоричні значення {високий, помірний, низький}, тож враховуючі властивості передаточної функції логістичного сигмоїда, логічно було представити його в межах від 0 до 1, а саме відповідними значеннями {1; 0.5; 0}. Для зручності вхідні значення x_i приводимо до того ж діапазону що і вихідний вектор, наприклад: ознака x_6 – вага одиниці товару, має типовий статичний діапазон значень, відхилення від якого і буде вказувати на ступінь ризику. Таким чином згруповуючи діапазони значень або категорій в три групи кодуємо їх відповідно до ступеня ризику – {1; 0.5; 0}.

Отже в нас є множина вхідної інформації X – ознак об'єкта митного контролю, вихідної інформації, що фактично видає мережа на вихідному шарі Y – рекомендації системи щодо можливого ризику порушення, і, власне, множина бажаного виходу тобто правильно розпізнаного образу D [8, 9]. Із комбінації множин X та D сформуємо навчальну вибірку $<x, d>$, де $x = [x_0, x_1, \ldots, x_n]^T$, а $d = [d_1, d_2, \ldots, d_m]^T$. Для прикладу використаємо

таку товарну позицію, як “монітори кольорові” (номер 8528599000 згідно товарної номенклатури). Було сформовано вибірку із 275 одиниць, із них 193 – навчальна вибірка, 41 – контрольна вибірка та 41 – тестова вибірка.

Проектуючи нейронну мережу потрібно було вирішити скільки буде шарів та кількість нейронів в них. За основу було взято тришаровий персептрон із двома прихованими шарами, де кількість нейронів 1-го шару дорівнює кількістю ознак вхідного вектору – 10 нейронів, 2-го шару – 8, і нарешті вихідний шар складається з одного нейрона. Модель, що була розроблена в середовищі *MATLAB* 7.11.0 (*Neural network toolbox*), зображена на рисунку.

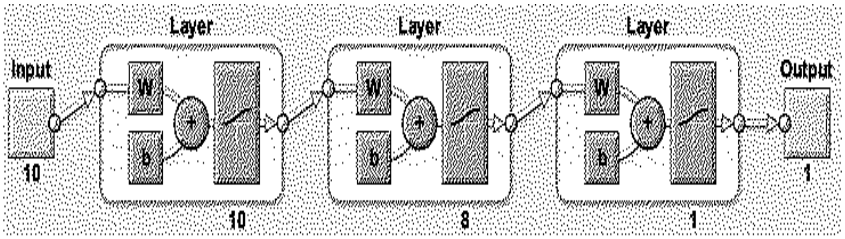

Рис. Схема тришарового персептрона.

Вхідний сигнал S_i^k *i*-го нейрона, що знаходиться в *k*-му шарі, обчислюється наступним чином:

$$S_i^k = \sum_{j=0}^{t} x_j^{k-1} w_{ij}, \qquad (1)$$

де x_j^{k-1} – вихідний сигнал нейрона *j* ($j = \overline{1,\ t}$) у шарі номер $k-1$; x_0^{k-1} – сигнал зміщення *i*-го нейрона; w_{ij} – ваговий коефіцієнт зв‘язку між нейронами *i* та *j*; *t* – кількість нейронів в шарі $k-1$. Кожен *i*-й нейрон в свою чергу формує, за допомогою функції активації $f(S_i^k)$, вихідний сигнал y_i^k:

$$y_i^k = f\left(\sum_{j=0}^{t} x_j^{k-1} w_{ij} \right). \qquad (2)$$

В якості функції активації, як вже зазначалось вище, використаємо сигмоїдну, функцію. Запишемо формулу (2) з урахуванням формули (1) в наступному вигляді:

$$y_i^k = \frac{1}{1+e^{-S_i^k}}. \qquad (3)$$

Для того щоб наша нейромережева модель набула здатності до класифікації та узагальнення потрібно провести процедуру навчання використовуючи вибірку <*x, d*>. Для навчання використаємо традиційний метод зворотного розповсюдження помилки (*back propagation*) [10 –11].

Було проведено низку експериментів використовуючи різні функції мінімізації з критерієм середньої квадратичної похибки *net.trainParam.goal*=0.01 (таблиця), де було встановлено, що найкраще впорався з поставленою задачею метод Левенберга-Маркардта [6] та метод шкальних зв'язаних градієнтів.

Таблиця. Порівняння методів навчання розробленої нейронної мережі

Функція мінімізації цільової функції	**Середня квадратична похибка (0,01)**	**Коефіцієнт кореляції**	**Кількість епох (max 1500)**
Метод Левенберга-Маркардта	0,0081	0,9664	10
Метод градієнтного спуска	0,6749	0,3682	1500
Метод градієнтного спуска з урахуванням моментів	0,0558	0,5206	1500
Метод шкальних зв'язаних градієнтів	0,0099	0,9576	50

Необхідно зауважити що використаний багатошаровий персептрон (рис.) отриманий емпіричним шляхом. Міняючи кількість прихованих шарів, нейронів в шарах було виявлено лише негативну динаміку у зменшенні коефіцієнта кореляції та неможливості досягти значення похибки хоча б СКП = 0,6, принаймні на тій вибірці, яку було сформовано.

Висновки. В результаті роботи зроблені перші кроки по опису застосування методів штучного інтелекту для потреб митної служби України з подальшою перспективою впровадження.

В подальшому перспективним для дослідження є:

1. Приділення більшої уваги якості вихідних даних, їх кодуванню та нормалізації.

2. Застосування методів визначення структури нейронної мережі.
3. Використання ефективних методів глобальної оптимізації.

Список літератури: 1. *Кунєв Ю.Д.* Управління в митній службі: підручник / *Ю.Д. Кунєв, І.М. Коросташова, А.В. Мазур, С.П. Шапошник* / За ред. *Ю.Д. Кунєва*. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 408 с. **2.** Основи митної справи в Україні: підручник / За ред. *П.В. Пашка*. – К.: Знання, 2008. – 652 с. **3.** Регулювання митної справи: підручник / За ред. *А.Д. Войцещука*. – Хмельницький: Інтрада, 2007. – 312 с. **4.** *Ripley B.D.* Neural Networks and Related Methods for Classification / *B.D. Ripley* // Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Methodological. – 1994. P. 409-456. **5.** *Hagan M.T.* Neural Networks for Control / *M.T. Hagan, H.B. Demuth* // Proceedings of the 1999 American Control Conference, San Diego, CA, 1999. – P. 1642-1656. **6.** *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации: Пер. с польского *И.Д. Рудинского* / *С. Осовский*. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с. **7.** *Саймон Хайкин* Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: Пер. с англ. / *Саймон Хайкин.* – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с. **8.** *Каллан Роберт* Основные концепции нейронных сетей / *Роберт Каллан.* – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 287 с. **9.** *Лю Б.* Теория и практика неопределенного программирования / *Б. Лю.* – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 416 с. **10.** *Борисов Е.С.* Классификатор на основе многослойной нейронной сети. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http//www.mechanoid.kiev.ua. **11.** *Swingler K.* Applying Neural Networks. A Practical Guide / *K. Swingler*. – Academic Press, 1996.

УДК 004.93’1:656.073.5

Некоторые аспекты развития системы анализа рисков нарушения таможенного законодательства / Мороз Б.И., Коноваленко С.Н. // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. — Харьков: НТУ "ХПИ". – 2011. – № 17. – С. 109 – 114.

Рассмотрено основные аспекты развития автоматизированной системы анализа рисков нарушения таможенного законодательства, а именно возможность применения методов и средств искусственного интеллекта в виде нейросетевого моделирования. Описана модель нейронной сети типа многослойного персептрона и использован итеративный метод обучения с возможностью обхода локальных минимумов. Ил.: 1. Табл.: 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: анализ рисков, нейронная сеть, персептрон, итеративный метод.

UDC 004.93’1:656.073.5

Some aspects of development system of the analysis risks infringement of the customs legislation / Moroz B.I., Konovalenko S.N. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2011. – №. 17. – P. 109 – 114.

It is considered the basic aspects of development of the automated system of the analysis of risks of infringement of the customs legislation, namely possibility of application of methods and artificial intelligence techniques in a kind neuro-network modelling. The model of a neural network of type multilayered perseptron is described and the iterative method of training with possibility of detour of local minima is used. Figs.: 1. Tabl.: 1. Refs.: 11 titles.

Key words: the analysis of risks, neural network, perseptron, an iterative method.

Поступила в редакцию 14.02.2011