

УДК 004.832.2

В.М. ЛОКАЗЮК, В.Ю. ТІТОВА

Хмельницький національний університет, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МЕТОД ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ СИТУАЦІЇ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-ЧЕРГОВИХ СЛУЖБ

В статті розглянуто задачу прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків первинних рішень. Для вирішення даної задачі було використано неповнозв'язну прямонапрявлену нейронну мережу, яка стала основою для створення підсистеми прогнозування розвитку ситуації системи підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб (СППР ОЧС). Запропоновано структуру штучної нейронної мережі, визначено кількість шарів цієї мережі, активаційні функції нейронів кожного шару та алгоритм навчання мережі.

система підтримки прийняття рішень, оперативний черговий, прогнозування розвитку ситуації, нейронна мережа, алгоритм навчання

Вступ

У своїй повсякденній професійній діяльності працівники органів внутрішніх справ (ОВС) часто мають справу із задачею прогнозування розвитку ситуації та визначенням на основі цього наслідків того чи іншого рішення, яке може бути прийняте для розв'язку даної ситуації. Різні рішення відрізняються характером можливих наслідків, і чим складнішою є конкретна ситуація, тим більш масштабними будуть наслідки кожного конкретного прийнятого рішення.

Характеристика предметної області. Одним зі структурних підрозділів в системі управління внутрішніх справ (УВС), який виконує задачі по охороні суспільного порядку та боротьбі зі злочинністю, є оперативна чергова служба (ОЧС). Основною діючою особою ОЧС, яка приймає інформацію про виникнення ситуації, попередньо її оцінює та визначає на основі цього рішення для її розв'язання, є оперативний черговий (ОЧ).

Наступною задачею, що постає перед ОЧ після обробки первинної інформації, розпізнавання ситуації та визначення деякого набору первинних рішень для її вирішення, є задача прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків виконання кожного з первинних рішень [1].

Прогнозування розвитку ситуації полягає у визначенні розвитку оперативної обстановки у часі, а саме, як зміняться місце ситуації та події, що її характеризують. На основі таких прогнозів визначаються наслідки кожного з первинних рішень. Серед усієї множини наслідків можна виділити основні [2]:

– успішність вирішення ситуації – визначає, чи може дане первинне рішення повністю вирішити ситуацію;

– перехід ситуації у надзвичайний стан – визначає, чи може дане рішення погіршити ситуацію та призвести до виникнення надзвичайного стану;

– достатність задіяних сил та засобів – визначає, чи достатньо задіяних в даному рішенні сил та засобів, чи необхідно залучити ще додаткові;

– кількість можливих втрат серед цивільного населення та муніципального господарства – визначає фізичні (людські), моральні (падіння рівня довіри до правоохоронних органів) та матеріальні (спричинення збитків муніципальному господарству) втрати, які можуть мати місце при задіяні даного рішення;

– кількість можливих втрат для УВС – визначає фізичні (серед працівників особового складу правоохоронних органів) та матеріальні (матеріа-

льні збитки, що можуть бути завдані управлінню внутрішніх справ) втрати, які можуть мати місце при задіяні даного рішення;

– час вирішення ситуації – визначає, за який час дане рішення дозволяє розв'язати ситуацію.

Вхідними даними та умовами для прогнозування того, як зміняться місце ситуації та події, що її характеризують, є попереднє місце ситуації, попередні події, час ситуації.

Успішність вирішення ситуації залежить від прийнятого рішення, прогнозованих подій, статусу та місця ситуації. Перехід ситуації у

надзвичайний стан залежить від прийнятого рішення та статусу ситуації. Достатність задіяних сил та засобів залежить від прийнятого рішення, прогнозованих подій та місця ситуації. Кількість можливих втрат залежить від прогнозованих подій та статусу ситуації, прийнятого рішення. Час вирішення ситуації залежить від прийнятого рішення та прогнозованих подій. На рис. 1 зображено схему взаємозв'язків та залежностей між вхідними даними та умовами, необхідними для прогнозування розвитку ситуації, самим розвитком (функціоналами) та наслідками первинних рішень [2].

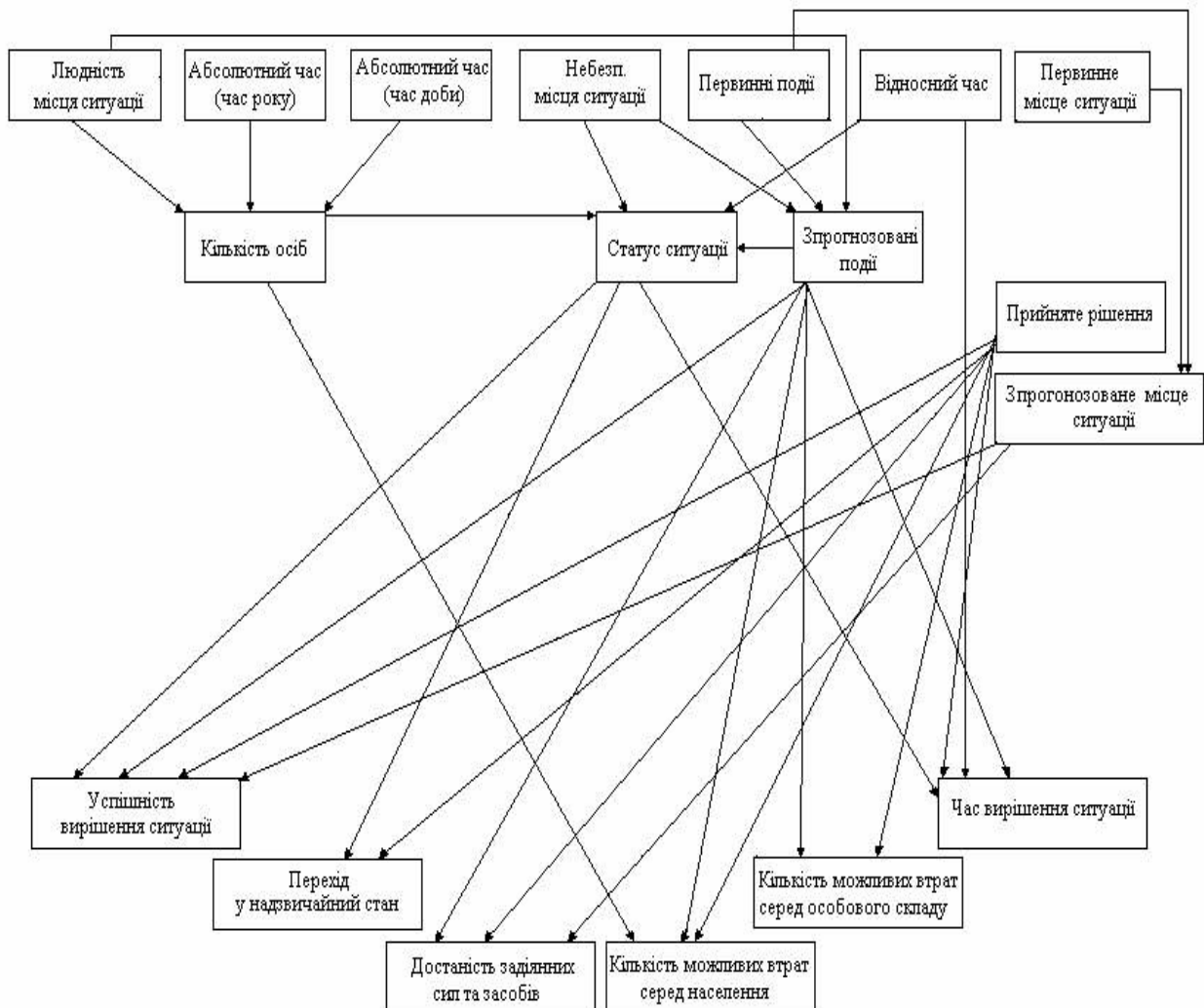


Рис. 1. Схема взаємозв'язків та залежностей між умовами, необхідними для прогнозування розвитку ситуації та наслідками первинних рішень.

Множина наслідків прийнятого рішення N має наступний вигляд [2]:

$$N = [n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6],$$

де n_1 – успішне завершення ситуації ($n_1 \rightarrow \max$) або навпаки ($n_1 \rightarrow \min$); n_2 – перехід ситуації у надзвичайний стан ($n_2 \rightarrow \max$) або навпаки ($n_2 \rightarrow \min$); n_3 – достатність задіяних сил та засобів, якщо задіяних сил та засобів достатньо, то $n_3 \rightarrow \max$, якщо необхідно залучити ще додаткові сили $n_3 \rightarrow \min$, n_4 – кількість можливих втрат серед населення та збитки муніципального господарства,

$$n_4 = [n_{4,1}, n_{4,2}, n_{4,3}],$$

де $n_{4,1}$ – кількість фізичних втрат (людські жертви),

$n_{4,2}$ – кількість матеріальних збитків муніципальному господарству населеного пункту, $n_{4,3}$ – кількість моральних збитків (падіння рівня довіри до правоохоронних органів), зі зростанням кількості можливих втрат $n_4 \rightarrow \max$; n_5 – можлива кількість втрат для УВС, $n_5 = [n_{5,1}, n_{5,2}]$, де $n_{5,1}$ – кількість фізичних втрат серед особового складу управління внутрішніх справ, $n_{5,2}$ – кількість матеріальних збитків управління внутрішніх справ, зі зростанням кількості можливих втрат $n_5 \rightarrow \max$; n_6 – час, за який ситуація може бути вирішена, у випадку якщо ситуація не може бути вирішена успішно або вона переходить у надзвичайний стан $n_6 \rightarrow \max$.

Математична модель вищевказаної задачі представлена у вигляді залежностей [2]:

$$\begin{aligned} n_1 &= ((v'_{3n_1w} \cup p'_{s,u} \cup c_2 \cup p'_{n_1w}) \setminus (v'_{3n_1u} \cup p'_{n_1u} \cup v_2 \cup v_1 \cup c_{1,1} \cup c_{1,2} \cup p'_{s,w})) \cup r_j; \\ n_2 &= ((v_2 \cup v_1 \cup c_{1,1} \cup c_{1,2} \cup p'_{s,w}) \setminus (p'_{s,u} \cup c_2)) \cup r_j; \\ n_3 &= ((v'_{3n_3w} \cup p'_{n_3w}) \setminus (v'_{3n_3u} \cup p'_{n_3u})) \cup r_j; \\ n_4 &= ((p'_{n_4w} \cup v_1 \cup v_2 \cup c_{1,1} \cup c_{1,2}) \setminus p'_{n_4u}) \cup r_j; \\ n_5 &= (p'_{n_5w} \setminus p'_{n_5u}) \cup r_j; \\ n_6 &= (v'_{3n_1u} \cup p'_{n_1u} \cup v_2 \cup v_1 \cup c_{1,1} \cup c_{1,2} \cup p'_{s,w}) \setminus (v'_{3n_1w} \cup p'_{s,u} \cup c_2 \cup p'_{n_1w}) \cup r_j, \\ &\text{якщо } v_2, v_1, c_{1,1}, c_{1,2}, p'_{s,w} \rightarrow \max, c_2, p'_{s,u} \rightarrow \min; \\ n_6 &= (p'_{n_6w} \setminus p'_{n_6u}) \cup r_j, \text{ якщо } c_2, p'_{n_6w} \rightarrow \max; \end{aligned} \tag{1}$$

“ \setminus ” – різниця множин [3];

v_1 показник людності місця ситуації;

v_2 показник небезпечності місця ситуації;

p'_{n_1w} прогнозовані події, що при поточному рішенні r_j сприяють високому значенню даного наслідку;

p'_{n_1u} прогнозовані події, що при поточному рішенні r_j не сприяють високому значенню даного наслідку;

$p'_{s,w}$ прогнозовані події, що при поточному рішенні r_j сприяють надзвичайному стану ситуації;

$p'_{s,u}$ прогнозовані події, що при поточному рішенні r_j не сприяють надзвичайному стану ситуації;

v'_{3n_1w} прогнозовані місця ситуації, які при поточному рішенні r_j сприяють високому значенню даного наслідку;

v'_{3n_1u} прогнозовані місця ситуації, які при поточному рішенні r_j не сприяють високому значенню даного наслідку;

c_1 – абсолютний час ситуації, визначається датою та часом початку ситуації;

c_2 – відносний час ситуації, який пройшов від початку ситуації до моменту надходження повідомлення про неї;

r_j прийняте рішення, для якого визначаються наслідки.

Задачі прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків прийнятих рішень притаманні наступні особливості:

– джерелом її вхідних даних є людина, а тому вони можуть бути неточними, помилковими, суперечливими або мати суб'єктивний характер;

– в формуванні наведених залежностей (1) використовуються різнотипні дані (числові показники, множини, значення арифметичного та логічного типу тощо) – тому її розв'язок не може бути зведений до звичайних числових розрахунків;

– процедура розв'язку добре невідома, тому важко визначити метод розв'язку даної задачі.

Отже, задача прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків прийнятих рішень належить до важко формалізованих задач.

Застосування для її розв'язку традиційних математичних методів, є неможливим, через її особливості.

Тому, для її вирішення необхідно використати методи інтелектуальні.

Постановка задачі. Ціллю роботи є розроблення інтелектуального методу для вирішення задачі прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків первинних рішень.

Огляд існуючих рішень. Вхідні та вихідні дані вищевказаної задачі є неточними, помилковими або суперечливими, крім того вони можуть змінюватись в процесі розв'язку.

На сьогоднішній день, для вирішення подібних задач широко використовуються штучні нейронні мережі (ШНМ) [4 – 6].

Для вирішення вищевказаної задачі використовуємо нейронний підхід.

З математичної моделі задачі та з взаємозв'язків і залежностей між умовами, що характеризують розвиток ситуації та наслідки виконання прийнятих рішень слідує, що не між усіма вхідними даними та рішеннями задачі прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків прийнятих рішень існують зв'язки та залежності.

Структура нейронної мережі підсистеми прогнозування розвитку ситуації СППР ОЧС

Для вирішення поставленої задачі та створення підсистеми прогнозування розвитку ситуації системи підтримки прийняття рішень для ОЧС (СППР ОЧС) було використано неповнозв'язну прямонаправлену нейромережу.

Розглянемо структуру нейромережі, графічна модель якої зображена на рис. 2. Вона складається з трьох шарів нейронів. Нейрони усіх шарів виконують зважене додавання. В якості активаційної функції для нейронів першого та другого шарів обрана функція гіперболічного тангенсу '*tansig*'. Активаційною функцією нейронів третього шару є лінійна функція '*purelin*'. Аргументацією для її вибору стали лінійні залежності між вхідними даними та умовами задачі прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків прийнятих рішень, прогнозованими подіями та місцем ситуації та наслідками прийнятих рішень.

Шар 1. На нейрони цього шару надходять вхідні дані, необхідні для прогнозування зміни подій та місця ситуації, та визначення наслідків первинних рішень.

Шар 2. Нейрони цього шару визначають прогнозовані події та прогнозоване місце ситуації з точки зору загонів ППС та ДПС. Ці дані передаються, як на третій шар нейромережі, так і зчитуються у масив, з якого вони, за запитом ОЧ, можуть бути подані на входи нейромережі в якості вхідних даних.

Шар 3. Нейрони даного визначають наслідки для кожного первинного рішення.

На входи нейромережі подаються вхідні векторів:

x_1 – географічне місце ситуації для загонів ППС,

x_2 – географічне місце ситуації для загонів ДПС,

x_3 – події місця ситуації,

x_4 – людність місця ситуації,

x_5 – небезпечність місця ситуації,

x_6 – абсолютний час ситуації,

x_7 – відносний час ситуації,

x_8 – первинне рішення, для якого визначаються наслідки.

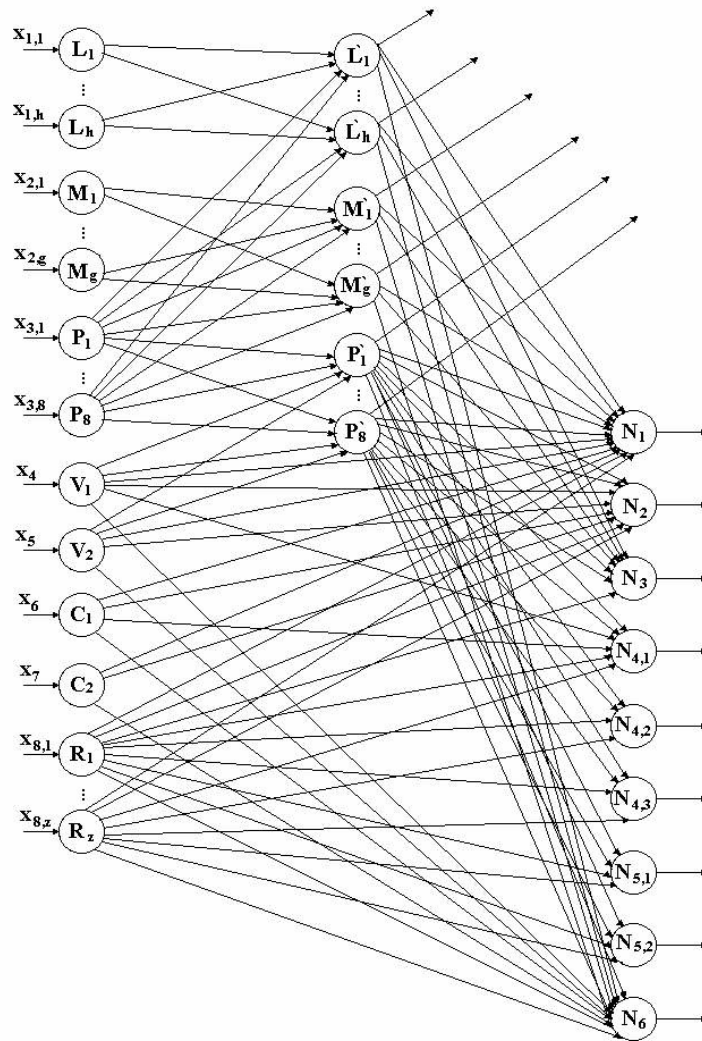


Рис. 2. Структура нейромережі для вирішення задачі прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків прийнятих рішень

Для формування цих векторів використовуються бази даних місць ситуації, подій ситуації, прийнятих рішень, де для кожного поля існує відповідне значення вхідного елемента вибірки у заданому діапазоні.

Дані значення визначаються з функціями належності, наведеними нижче:

– вектор $x_1 = [x_{1,1} \dots x_{1,h}]$, де h – це максимальна кількість загонів патрульно-постової служби (ППС) на дільниці. Кожне місце ситуації має свій номер в залежності від того, які загони ППС її контролюють, номер визначається з діапазону $[0..500]$, де 500 – максимальна кількість географічних місць ситуації на одній середній дільниці для ППС. Для

кожного такого номера за трапецеїдальною функцією визначена комбінація значень вектору x_1 , кожен з елементів якого має значення в діапазоні $[0..1]$;

– вектор $x_2 = [x_{2,1} \dots x_{2,g}]$, де g – це максимальна кількість загонів дорожньо-патрульної служби (ДПС). Кожне місце ситуації має свій номер в залежності від того, які загони ДПС її контролюють, номер визначається з діапазону $[0..100]$, де 100 – максимальна кількість географічних місць ситуації на одній середній дільниці для ДПС. Для кожного такого номера за трапецеїдальною функцією визначена комбінація значень вектору x_2 , кожен з елементів якого має значення в діапазоні $[0..1]$;

– вектор $x_3 = [x_{3,1} \dots x_{3,8}]$. Кожна подія має свій номер в залежності від того, які сили для свого вирішення вона потребує з діапазону $[0..200]$, де 200 – максимальна кількість можливих подій ситуації. Для кожного такого номера за трапецеїдальною функцією визначена комбінація значень вектору x_3 , кожен з елементів має значення в діапазоні $[0..1]$;

– входи x_4, x_5 приймають значення з діапазону $[0..4]$, де 0 – відсутність людної/небезпеки, 1 – знижений рівень людної/небезпеки, 2 – середній рівень людної/небезпеки, 3 – підвищений рівень людної/небезпеки, 4 – найвищий рівень людної/небезпеки;

– вхід x_6 приймає значення з діапазону $[0..3]$, де 0 – «глухі години», на вулиці люди майже відсутні, 1 – години, коли на вулиці буває не багато людей, 2 – години, коли на вулиці буває багато людей, 3 – години-пік;

– вхід x_7 приймає значення з діапазону $[0..3]$, де 0 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло не більше 2 годин, 1 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло 2-24 години, 2 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло 24-48 годин, 3 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло більше 48 годин;

– вектор $x_8 = [x_{8,1} \dots x_{8,z}]$, де z – кількість можливих рішень про залучення тих чи інших сил та засобів для конкретної дільниці,

$$z = 1, \overline{h \cdot (3 \cdot g + 3) + 2}.$$

Значення 1 має той елемент, чий номер відповідає номеру рішення, для якого визначаються наслідки, усі інші елементи дорівнюють 0.

3 виходів нейромережі зчитуються два вихідні вектори,

перший – з нейронів другого шару,

другий – з нейронів третього шару.

Розмірність першого вектору у дорівнює $h+g+8$ елементів, де h – це максимальна кількість загонів ППС на дільниці, g – це максимальна кількість за-

гонів ДПС, 8 – кількість основних видів подій, які характеризують ситуацію. Кожний з елементів цього вектору приймає значення в діапазоні $[0..1]$, формуючи комбінацію вихідних значень. Для кожної такої послідовності за трапецеїдальною функцією визначається номер прогнозованої події та місця ситуації.

Другий вектор n складається з 9 елементів, які відповідають кількості наслідків для кожного рішення, $n = [n_1 \dots n_9]$. Кожний з цих елементів приймає значення в діапазоні $[0..1]$. За визначеними для кожного первинного рішення наслідками обирається остаточне за допомогою методу, описаного у [7].

Неповноз'язну прямонапрявлену нейронну мережу для підсистеми прогнозування розвитку ситуації СППР ОЧС побудовано у пакеті Matlab.

В якості прикладу, наведена нейромережа, яка містить 22 входи та 19 виходів. Вхідний вектор складається з 22 елементів. Вектор цілей має 19 елементів.

Мережу було навчено за допомогою алгоритмів градієнтного спуску *'traingd'*, градієнтного спуску з параметром швидкості настроювання *'traingda'*, градієнтного спуску зі збуренням *'traingdm'*, градієнтного спуску Полака-Рибейри *'traingdp'*, градієнтного спуску Моллера *'trainscg'*, оберненого поширення помилки *'trainrp'*, Флетчера-Рівса *'traingcf'*, методу січної OSS *'trainoss'* та Левенберга-Марквардта *'trainlm'*. Результати навчання мережі у табл. 1.

З аналізу результатів навчання нейромережі слідує, що найкращу точність було досягнуто при використанні алгоритмів градієнтного спуску Моллера, методу січної, оберненого поширення помилки та Левенберга-Марквардта.

Найшвидше мережа навчалася за алгоритмами градієнтного спуску, градієнтного спуску з параметром швидкості настроювання та оберненого поширення помилки.

Отже, навчання нейромережі за алгоритмом оберненого поширення помилки дозволяє досягнути найкращої точності за найменший час.

Тому, для створення підсистеми прогнозування розвитку ситуації СППР ОЧС було використано неповнозв'язну прямонапрявлену нейромережу, навчену за алгоритмом оберненого поширення помилки.

Таблиця 1

Результати навчання нейромережі за відповідними алгоритмами

Алгоритм	К-сть епох	Час навчання, с	Досягнута точність
Градiєнтного спуску	1000	8 хв.	0,014
Градiєнтного спуску з парам. швидкостi на-строювання	1000	7 хв. 20 сек.	0,02
Градiєнтного спуску зi збу-ренням	1000	11 хв. 20 сек	0,11
Градiєнтного спуску Полака-Рибейри	1000	24 хв. 20 сек.	0,015
Градiєнтного спуску Моллера	1000	16 хв. 40 сек.	0,007
Флетчера_Рiвса	1000	22 хв.	0,016
Метода сiчної OSS	1000	16 хв. 40 сек.	0,008
Оберненого по-ширення помилки	1000	6 хв. 40 сек	0,008
Левенберга-Марквардта	1000	2 год. 6 хв.	0,007

На рис. 3 – 7 наведені результати навчання та тестування нейромережі за відповідними алгоритмами.

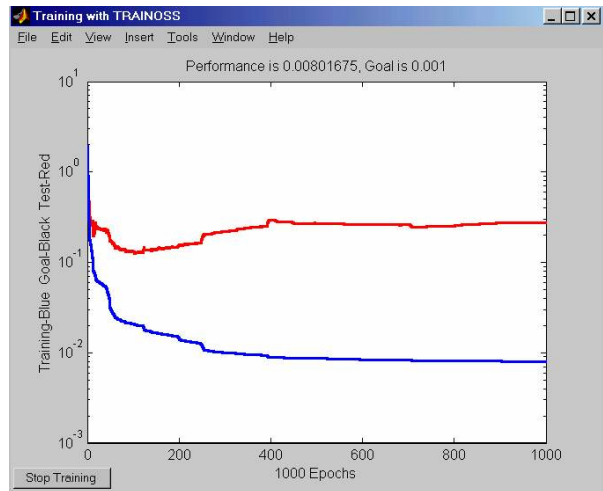


Рис. 3. Результати навчання і тестування мережі, навченої за алгоритмом методу сiчної OSS

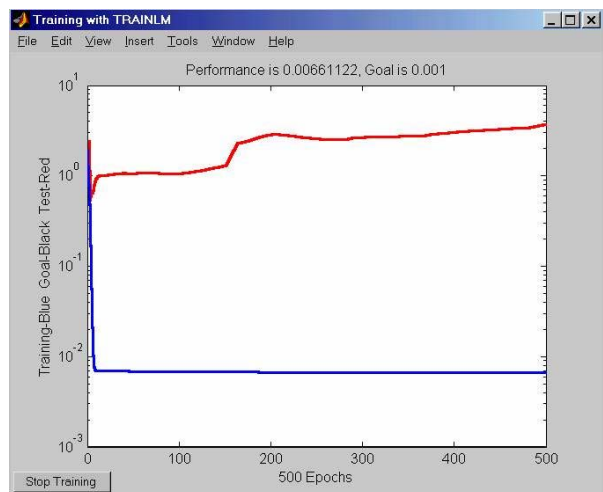


Рис. 4. Результати навчання і тестування мережі, навченої за алгоритмом Левенберга-Марквардта

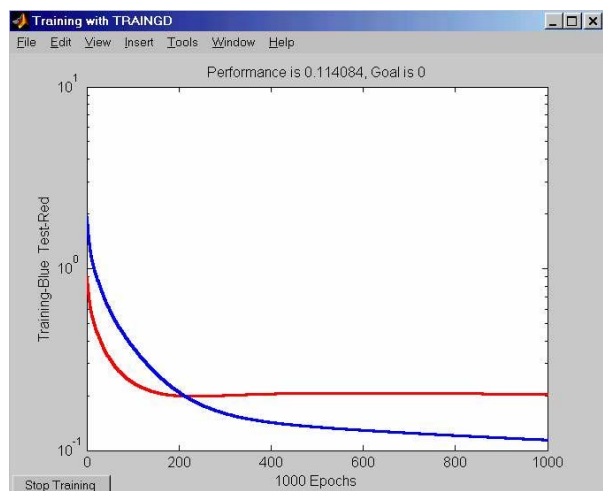


Рис. 5. Результати навчання і тестування мережі, навченої за алгоритмом градiєнтного спуску

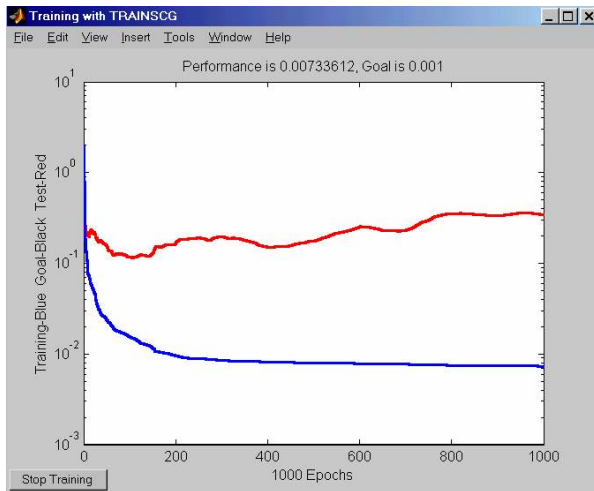


Рис. 6. Результати навчання і тестування мережі, навченої за алгоритмом градієнтного спуску Моллера

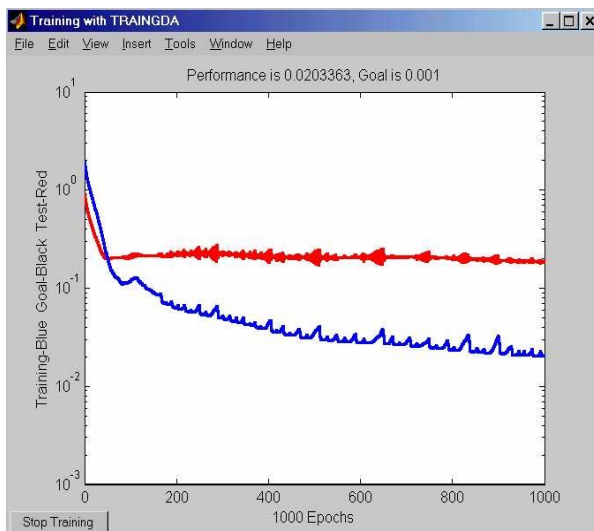


Рис. 7. Результати навчання і тестування мережі, навченої за алгоритмом градієнтного спуску з параметром швидкості настроювання

Висновок

В статті розглянуто задачу прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків первинних рішень. Для вирішення даної задачі було неповнозв'язну прямонаправлену нейронну мережу. Навчання даної мережі за різними алгоритмами виявило, що найшвидше задана точність досягається при навчанні за алгоритмом оберненого поширення помилки.

Тому, для створення підсистеми прогнозування розвитку ситуації СППР ОЧС було використано нейромережу, навчену за вищезазначеним алгоритмом.

Література

1. Тітова В.Ю. Інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень оперативним черговим оперативно-чергової служби // Искусственный интеллект. Донецьк: Інститут проблем штучного інтелекту, 2006. – № 4. – С. 504-509.
2. Тітова В.Ю. Математична модель опису процесу прогнозування розвитку ситуації при охороні суспільного порядку органами внутрішніх справ // Вісник Хмельницького Національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – № 2, т. 1. – С. 140-145.
3. Верещагин Н.К., Шень А. Начала теории множеств. – М.: МЦНМО, 1999. – 128 с.
4. Барский Б.А. Нейронные сети: распознавание, управление и принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
5. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 382 с.
6. Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем: Навч. посібник. – К.: Такі справи, 2001. – 286 с.
7. Локазюк В.М., Тітова В.Ю. Метод оцінювання ефективності рішень в системах підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб // Наука і молодь. – К.: НАУ, 2006. – № 6. – С. 85-90.

Надійшла до редакції 14.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф., О.В. Поморова, Хмельницький національний університет, Хмельницький.