

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ НОРМУВАННЯ ПРАЦІ ВИРОБНИЧОГО ПЕРСОНАЛУ

МЕДВЕДЕВ В. С.

здобувач

Львів

В останні роки зростає інтерес до економіко-математичних моделей, які на основі новітніх комп'ютерних технологій надають нові можливості вирішення складних завдань, аналізу та досліджень.

Одними з таких моделей, які на сьогоднішній день стають все більш популярними, є нейронні мережі. Перші комерційні реалізації на їх основі з'явилися в 1980-х роках і отримали широке поширення в розвинених країнах. Нейронні мережі в якомусь сенсі є імітаціями мозку, тому з їх допомогою успішно вирішуються різноманітні «нечіткі» завдання – розпізнавання образів, мови, рукописного тексту, виявлення закономірностей, класифікація, прогнозування. Нейронні мережі (математичні моделі, а також їх програмні або апаратні реалізації) побудовані за принципом організації та функціонування біологічних нейронних мереж – мереж нервових клітин живого організму. Поняття нейронних мереж виникло при вивченні процесів, що протікають в мозку, та при спробі змодельювати ці процеси. Після розробки відповідних моделей та алгоритмів навчання, одержувані штучні нейронні мережі стали використовувати в практичних цілях: у задачах прогнозування, для розпізнавання образів, у задачах управління та ін.

Однак застосування нейронних мереж для конкретних управлінських задач висуває певні вимоги до швидкодії та трудомісткості процесу створення та навчання нейронної мережі. Оцінка підходів та опис систем і конкретних прикладів використання моделей мереж у процесі нормування становить певний науковий інтерес та визначає шляхи подальшого використання нейронних мереж для потреб менеджменту.

Доцільно також виділити особливості та класифікувати підхід до визначення нормативного часу за допомогою нейронних мереж з точки зору методів нормування праці.

В останні десятиріччя, після періоду забуття, інтерес до нейронних мереж зростає. Серед відомих подій в галузі нейронних мереж виділяється розробка Дж. Хопфілда (en: John Joseph Hopfield) мережі із зворотними зв'язками, яка може являти собою систему, що мінімізує енергію (так звана мережа Хопфілда), представлення Кохоненом нової моделі мережі, яка навчається без вчителя (Нейронна мережа Кохонена), що вирішує завдання кластеризації, візуалізації даних (самоорганізована карта Кохонена) і інші завдання попереднього аналізу даних. Девідом І. Румельхартом, Дж. Е. Хінтон і Рональдом Дж. Вільямсом і незалежно і одночасно С. І. Барцевим і

В. А. Охоніним (Красноярська група) перевідкрито і суттєво розвинуто метод зворотного поширення помилки. У зв'язку із успіхами у вирішенні таких проблем штучного інтелекту як швидкодія обчислень та трудомісткість створення та навчання нейронних мереж, дослідники звернулись до оптимізації структури нейронних мереж з метою застосування для обчислень різнопланових задач. Найбільш широко відомим прикладом створення повної архітектури нейромережевого агента є робота Аллена Ньюелла, Джона Лерд і Пола Розенблума над проектом Soar [6].

Нейромережеві методи аналізу даних на основі системи побудови нейромереж Statistica Neural Networks описані В. П. Боровиковим [5]. Ця система єдина повністю адаптована для використання вітчизняним користувачем та є потужним інструментом аналізу та прогнозування даних для застосування у бізнесі, промисловості, управлінні, фінансах.

Метою статті є дослідження особливостей застосування нейронних мереж для цілей нормування праці виробничого персоналу, наведення ознак підходу до нормування за допомогою нейронних мереж з метою класифікації методу нормування.

Дослідження використання нейронних мереж при нормуванні праці виробничого персоналу були проведені на одному з вітчизняних підприємств приладобудування для складальних операцій різних модифікацій виробів.

У загальні методики нормування праці включають ряд методів проведення вимірів і визначення нормативного часу. Найбільш дослідженими з них є хронометраж, фотографія робочого часу (зокрема метод мультимоментних спостережень), метод елементарних нормативів (мікроелементного нормування), метод аналогів та порівнянь та метод параметричних залежностей. Принцип роботи нейронної мережі передбачає визначення результуючої функції залежно від сигналів, які мережа отримує ззовні. Кожний нейрон у мережі обробляє сигнали, які він періодично отримує (тобто діє як малопотужний процесор), та посилає іншим нейронам результуючі сигнали. Будучи з'єднаними в досить велику мережу з керованою взаємодією нейронів, такі локально прості процесори разом здатні виконувати досить складні завдання.

Однією з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами є можливість навчання. Технічно навчання полягає в знаходженні коефіцієнтів зв'язків між нейронами. У процесі навчання нейронна мережа здатна виявляти складні залежності між вхідними даними і вихідними, а також виконувати узагальнення. Це означає, що в разі успішного навчання мережа зможе повернути вірний результат на підставі даних, які

були відсутні в навчальній вибірці, а також неповних або «зашумлених» даних.

Оскільки засоби нейронної мережі дають змогу встановити зв'язок між вхідними параметрами та вихідними результатами на основі минулого досвіду, з метою нормування праці метод визначення нормативного часу за допомогою нейронної мережі визначається як один з варіантів використання методу параметричних залежностей.

За методом параметричних залежностей нормативний час розраховується через певне раніше визначене значення часу для етапу процесу, хід якого описаний за допомогою параметрів впливу [2]. При цьому зазвичай розглядаються лінійні залежності із невеликою кількістю параметрів впливу. Розрахунок результуючої функції при збільшенні кількості вихідних параметрів, а також при необхідності отримати певний результуючий образ (тобто декілька узагальнених функцій в залежності від різних параметрів впливу) призводить до значного збільшення часу розрахунків та неефективності застосування методу. Нейронні мережі, які здійснюють розрахунки вихідних значень шляхом паралельної обробки різних варіантів сукупностей параметрів впливу із застосуванням потужної електронної бази, здатні вирішувати такі завдання. Це дозволяє застосовувати метод параметричних залежностей для визначення нормативних значень часу при великій кількості параметрів впливу та різних умовах здійснюваних операцій.

У процесі цього дослідження була проаналізована залежність часу, який затрачається на виконання операцій (прогнозована функція) від певних вхідних чинників (предикторів). З метою отримання даних для навчання нейронної мережі було проведено ряд спостережень, у ході яких були визначені значення часу залежно таких вхідних параметрів, як дані про структуру та вагу матеріалів, кількість комплектуючих, складність форми деталей, складність з'єднувальних рухів.

При цьому первинний вибір вхідних параметрів впливу було здійснено інтуїтивно, на основі минулого досвіду роботи в даній області. Не дивлячись на значний прогрес у галузі нейронних мереж, на сьогоднішній день програмні засоби не дозволяють самостійно, без допомоги людини або тривалого та громіздкого навчання, проводити комплексне аналізування процесів та отримувати надійні результати.

Для обрахунків була використана система формування нейронних мереж Statistica Neural Networks, яка в процесі навчання має можливості самостійно дослідним шляхом відбирати в подальшому корисні предиктори на основі первинних вхідних параметрів. Тому спершу було включено всі предиктори, які, на думку дослідників, могли впливати на результат, а на подальших етапах навчання ця множина могла бути скорочена мережею самостійно.

За допомогою системи формування нейронних мереж були побудовані та навчені по 35 моделей нейронних мереж кожного з типів, які можна застосувати при вирішенні задач подібного типу. Найбільш важливими серед характеристик нейронних мереж є помилка навчання мережі та контрольна помилка, оскільки саме вони ха-

рактеризують якість створеної моделі нейронної мережі. Значення цих помилок повинні бути досить близькими, причому зростання контрольної помилки в процесі навчання нейронної мережі свідчить про надмірне ускладнення її архітектури або так зване перенавчання.

Критерієм відбору мережі для її збереження у пам'яті був вибраний баланс між її помилкою на контрольній вибірці і складністю мережі (тривалості навчання та обрахунків). Згідно із загальноновизначеним правилом з двох мереж з приблизно однаковою помилкою на контрольній вибірці вибирають простішу.

За цими характеристиками було обрано найбільш вдаючі моделі нейронних мереж кожного з типів – лінійна, узагальнено-регресійна, радіальна базова функція, трьохшаровий та чотиришаровий перцептрон. Архітектура та підсумкові описові статистики обраних найбільш вдаючих мереж показані на *рис. 1*. Для кожної обраної мережі різного типу у свою чергу було досліджено стандартне відхилення помилки прогнозу. Задовільна якість моделі була визначена із незначним відхиленням помилки (нижче 0,1).

Згідно з підсумковими статистиками нейронних моделей було виявлено, що для поставленої задачі оптимальною серед обраних моделей є узагальнено-регресійна нейронна мережа, в якій відношення стандартного відхилення помилки прогнозу до стандартного відхилення навчальних даних складало 0,031173, що виявилось менше відношень, які забезпечують решта моделей. Крім того, аналіз чутливості мереж до вхідних змінних показав, що узагальнено-регресійна нейронна мережа чутлива до всіх семи вхідних предикторів (тобто в процесі навчання множина предикторів не була скорочена мережею), а найближча по значенню помилки лінійна модель – тільки до п'яти. Чутливість до всіх предикторів виявилась притаманною також чотиришаровому перцептроні, але дана модель мала значно гірші відношення стандартного відхилення помилки прогнозу до стандартного відхилення навчальних даних (0,159598), а також була набагато складнішою за архітектурою, що могло негативно впливати на її швидкодію.

У процесі перевірки роботи обраної моделі нейронної мережі були проведені додаткові спостереження, які виявили задовільну якість прогнозів – результуючі значення відхилялись у межах 0,3% від значень нормативного часу, визначеного за методом хронометражу для подібних операцій.

Таким чином, створена модель узагальнено-регресійної нейронної мережі, може бути в подальшому використана на практиці для цілей встановлення сумарних норм часу подібних виробничих операцій для різних модифікацій виробу та інших умов виконуваних операцій.

ВИСНОВКИ

Серед нових методів визначення нормативного часу в останні декілька років виділяється метод нейронних мереж, який успішно застосовується в найрізноманітніших областях – бізнесі, медицині, техніці, геології. Нейронні мережі є потужним методом моделювання,

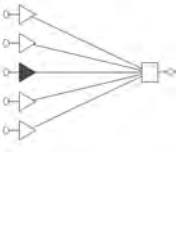
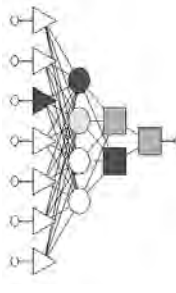
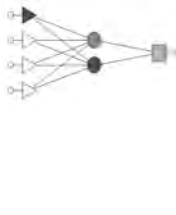
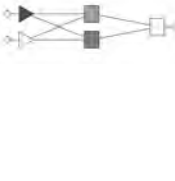
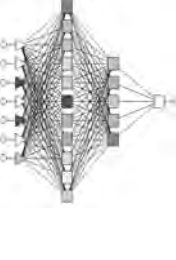
Назви моделей нейронних мереж	Лінійна	Узагальнено-регресійна	Радіальна базова функція	Трьохшаровий перцептрон	Чотирьохшаровий перцептрон
Архітектура мережі					
<i>Підсумкові описові статистики часу складання, год.</i>					
Середнє даних	1,100889	1,100889	1,100889	1,100889	1,100889
Стандартне відхилення даних	0,057012	0,057012	0,057012	0,057012	0,057012
Середня помилка	0,000428	0,000644	0,004504	-0,003592	0,003520
Стандартне відхилення помилки	0,001664	0,001777	0,012392	0,005913	0,009099
Середня абсолютна помилка	0,000873	0,001743	0,007394	0,006037	0,005329
Відношення стандартного відхилення	0,029189	0,031173	0,217356	0,103708	0,159598
Кореляція	0,999574	0,999575	0,976158	0,994864	0,988091

Рис. 1. Параметри найбільш вдалих моделей нейронних мереж

що дозволяє відтворювати складні залежності, дозволяє моделювати лінійні залежності у разі великої кількості змінних через безвідносність до розмірностей даних.

Засоби нейронної мережі дають змогу встановити зв'язок між вхідними параметрами та вихідними результатами на основі минулого досвіду, таким чином, з метою нормування праці метод визначення нормативного часу за допомогою нейронної мережі визначається як один з варіантів використання методу параметричних залежностей.

Створена та описана в роботі модель узагальнено-регресійної нейронної мережі може бути використана на практиці для цілей встановлення сумарних норм часу складальних операцій для нових модифікацій виробів. Пропонований підхід щодо використання нейронних мереж для потреб нормування виробничих операцій на основі накопичених на підприємстві норм часу дозволяє порівняно легко створити набір моделей нейронних мереж для автоматизації процесу нормування праці виробничого персоналу.

Складність вибору та побудови моделей нейронних мереж для вирішення конкретних задач управління визначає необхідність проведення подальших досліджень властивостей мереж для різних умов застосування. Нові підходи до побудови мереж, які ґрунтуються на прогресі електронних технологій, надають змогу вирішувати більш широкий спектр завдань, що може слугувати базисом для дослідів особливостей використання нейронних мереж для узагальнених управлінських процесів.

ЛІТЕРАТУРА

- 1. Шабанова Г. П.** Значение, функции и задачи нормирования труда в современных условиях : Монография, НОУ «ИПП» 2004.
- 2.** Офіційний сайт REFA International: <http://www.refa.de/> international
- 3. Пащуго В. П.** Организация и нормирование труда : учебное пособие / В. П. Пащуго. – Мн. : Новое знание, 2001. – 304 с.
- 4. Бровкова М. Б.** Системы искусственного интеллекта в машиностроении : Учеб. пособие / М. Б. Бровкова. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 119 с.
- 5. Боровиков В.** Нейронные сети. Statistica neural networks: Методология и технологии современного анализа данных / В. Боровиков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с.
- 6. Рассел С.** Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
- 7. Рыбак Л.** Построение нейросетевых алгоритмов решения прямой задачи кинематики для работа-станка с параллельной структурой / Л. Рыбак, В. Ержуков, С. Почакаев, В. Шухова, А. Чичварин // Нейрокомпьютеры. – 2010. – № 5. – С. 53 – 60.

Науковий керівник: д-р екон. наук, проф., завідувач кафедри менеджменту організацій Національного університету «Львівська політехніка» **Чухрай Н. І.**