

Proceedings of the 33rd International Conference of the System Dynamics Society, Cambridge, Massachusetts, USA. — 2015.

4. Bartoszczuk P. System Dynamics Economic Model with Fossil and Renewable Energy. — in: Conference proceedings of the Int. conference of the SD Society, Oxford. — 2006.

5. Dykes K., Sterman J. Boom and Bust Cycles in Wind Energy Diffusion Due to Inconsistency and Short-term Bias in National Energy Policies. — in: Conference Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society. — Seoul, 2010.

6. IRENA (International Renewable Energy Agency) 2014-2015: At a Glance. — http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_Report_June_2014.pdf.

7. Fiddaman, Thomas S. Feedback Complexity in Integrated Climate-Economy Models. Sloan School of Management. MIT, Cambridge. — 1997

8. Jones C. The Renewable Energy Industry in Massachusetts as a Complex System. — <http://www.systemdynamics.org/conferences/2009/proceed/papers/P1065.pdf>

9. Muhaimin T. A., Mavroeidis N. Energy transitions in Built Environment of Netherlands: A System Dynamics approach to diffusion of Solar boilers and Insulation. — in: Conference Proceedings of the 32th International Conference of the System Dynamics Society, Delft, the Netherlands, 2014.

10. Optymalny miks energetyczny dla Polski do roku 2060 (model DAS). — Warszawa, 2015: https://www.premier.gov.pl/files/files/energymix_das_dost.pdf

11. POLES Model: a world energy model. — 2006.: http://www.eie.gov.tr/projeler/document/5_POLES_description.pdf

12. Primes Model 2013-2014: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/analysis/models/docs/primes_model_2013-2014_en.pdf

13. Remap: Roadmap for a Renewable Energy, 2016 ed.: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_2016_edition_report.pdf

14. Sterman, John (2000). Business Dynamics: systems thinking and modelling for a complex world.— Irwin McGraw-Hill, 2000. — 982 p.

15. <https://yearbook.enerdata.ru/renewable-in-electricity-production-share-by-region.html>

Бень В. П.

АТ «МОТОР СІЧ», м. Запоріжжя

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ КОМІТЕТІВ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ

Задачі класифікації (категоризації) економічних показників відносяться до класу задач, які при застосуванні інструментарію нейронних мереж дають кращий результат порівняно з іншими

типами математичних моделей. Однак в процесі побудови нейромережі для розв'язування конкретної задачі класифікації виникає ряд питань, які не мають однозначного вирішення. Причому, такі питання постають при використанні будь-якого виду нейронних мереж та стосуються вибору їх оптимальної архітектури. Так, при побудові багатошарового персептрону необхідно обирати кількість прихованих шарів та кількість нейронів на кожному прихованому шарі. При застосуванні радіально-базисної мережі також необхідно встановити кількість нейронів єдиного прихованого шару. Правильний вибір архітектури мережі впливає як на швидкість її навчання, так і на точність моделювання.

Крім того, слід відмітити, що результати класифікації, які отримані на основі застосування однієї нейромережі (з незмінною конфігурацією) при проведенні серії експериментів будуть відрізнятись між собою. Тобто, для отримання стійкого результату потрібно проводити значну кількість повторень експериментальних розрахунків з метою встановлення сталих параметрів нейромереж. В тих випадках, коли проведення таких досліджень неможливе, або результати не дають однозначної відповіді щодо вибору типу та конфігурації мережі, доцільно застосовувати так звані комітети (ансамблі) нейромереж. Загальне рішення комітету є поєднанням рішень окремих моделей. Комбінацію таких моделей називають комітетом експертів (асоціативною машиною, ансамблем) [1].

Такий підхід дозволяє поєднати «знання» кожного окремого «експерта» в загальне рішення, яке має пріоритет над рішенням окремого «експерта». Використання комітету моделей дозволить підвищити загальну точність моделювання.

Процедура формування рішення при використанні кількох експертів-моделей залежить від того, яким чином комбінуються кілька експертних оцінок для отримання рішення комітету. Розрізняють дві категорії комітетів експертів [2, с. 458-459]:

1. Статичні структури. В такій категорії результати рішень окремих експертів об'єднуються за допомогою деякого механізму, що не враховує вхідний сигнал (усереднення за ансамблем, підсилення).

2. Динамічні структури. В цій категорії вхідний сигнал безпосередньо враховується в механізмі об'єднання висновків експертів (змішання рішень експертів, ієрархічне об'єднання висновків експертів).

Кожна із структур в свою чергу налічує кілька методів отримання загального рішення. Методи отримання рішення комітетом, який

відноситься до статичних структур, є аналогом голосування експертів. Алгоритми голосування, в свою чергу, розділяють на два класи: які для нових експертів змінюють розподіл спостережень в навчальній вибірці, виходячи з показників точності попередніх моделей, та в яких кожен експерт комітету використовує навчальну вибірку, що не залежить від результатів інших моделей [3].

Найпростіший метод об'єднання висновків експертів є усереднення по ансамблю. В такому випадку всі експерти навчаються на одній множині даних. В проведеному нами дослідженні для розв'язання задачі класифікації було утворено комітет з нейромереж різних типів та конфігурацій. Експериментальне дослідження показало, що результат роботи комітету дає більш стабільний результат, ніж окремі нейромережі, коли для навчання моделей застосовуються різні обсяги навчальних вибірок. Проте, якщо використовувати оптимальний обсяг навчальної вибірки, то кращими будуть результати моделювання однією з нейромереж. В такому випадку для підвищення точності моделювання доцільно застосовувати комітет моделей, рішення якого формуються на основі більш складних процедур, ніж просте усереднення. До таких алгоритмів відноситься алгоритм підсилення (бустінг, boosting).

Зауважимо, що при застосуванні методу усереднення по ансамблю моделі реалізуються незалежно одна від іншої. В методі підсилення кожна нова модель повинна враховувати результати раніше побудованих моделей, тож моделі будуються послідовно. Головна ідея методу підсилення полягає в особливій процедурі формування навчальної вибірки. Перша модель використовує будь-яку частину наявних даних для навчальної вибірки. Для кожної наступної моделі-експерта навчальна вибірка формується за результатами класифікації першої моделі (чи кількох попередніх) таким чином, що в ній збільшується частка прикладів, які невірно класифіковані першим експертом (чи частиною раніше сформованого комітету моделей). Таким чином, в процесі застосування бустінгу в початковій вибірці поступово збільшується концентрація тих складних прикладів, для яких раніше побудовані «експерти» не мають однозначного рішення. Саме така ідея дозволяє отримати незначну кореляцію похибок окремих моделей і підвищити точність комітету порівняно з точністю окремої моделі [4].

Список використаних джерел

1. *Ежов А. А.* Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе / А. А. Ежов, С. А. Шумский. — М.: МИФИ, 1998. — 224с.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. / С. Хайкин. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1104 с.

3. Научная сессия МИФИ-2007. IX Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2007»: Лекции по нейроинформатике. Часть 2. — М.: МИФИ, 2007. — 148 с.

4. Царегородцев В. Г. Оптимизация экспертов boosting-коллектива по их кривым обучения // Материалы XIII Всеросс. семинара «Нейроинформатика и ее приложения», Красноярск, 2004. — С. 152-157.

Боднар Р. Д.

к. ф.-м. н., доцент

Бременський університет, Німеччина

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗОВНІШНЬОЇ ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕКУРСИВНИХ АЛГОРИТМІВ

Зовнішня торгівля посідає значне місце у зовнішньоекономічній діяльності будь-якої країни. Позитивне сальдо зовнішньої торгівлі сприяє, зокрема, надходженню іноземної валюти, зростанню золотовалютних резервів країни, зменшенню тиску на її національну валюту. І навпаки, тривале негативне сальдо призводить до зменшення золотовалютних резервів, зростання зовнішніх та внутрішніх запозичень і, в цілому, має негативний вплив на економіку.

Серед останніх досліджень зовнішньої торгівлі України можна виділити наукові статті Г. Голубової [1], в якій проведено статистичний аналіз зовнішньої торгівлі України за 2008-2012 рр., А. Мазаракі, Т. Мельник [2], в якій розглянуто тенденції зовнішньої торгівлі України і чинники її розвитку, а також Т. Осташко та ін. [3], в якій наведено потенційні наслідки від одностороннього підвищення ставок ввізного мита для окремих товарів, що мають походження з України, в торгівлі в рамках зони вільної торгівлі СНД після створення зони вільної торгівлі між ЄС та Україною.

Для дослідження вибрано наступні показники зовнішньої торгівлі України: експорт товарів всього, експорт товарів в ЄС, експорт товарів в СНД, а також імпорт товарів всього, імпорт товарів з ЄС та імпорт товарів з СНД. Статистичні дані цих показників за 2012-15 рр. взято з офіційного сайту Державної служби статистики України [4].

Знайдено прогнознi значення показників зовнішньої торгівлі України, а також їх похибки. Для цього було використано такі рекурсивні методи прогнозування часових рядів як алгоритм Да-