

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМINTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE MANAGEMENT
OF ENTERPRISES

УДК 658.5: 33.330.005.5

Синиціна Ю.П.к.т.н., доцент,
доцент кафедри менеджменту
Національна металургійна академія
України**Каут О.В.**к.е.н., доцент,
доцент кафедри менеджменту
Національна металургійна академія
України**Фонарева Т.А.**старший викладач кафедри
менеджменту
Національна металургійна академія
України

У статті проведено дослідження використання нейронних мереж у інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень на підприємстві та сформульовано модель аналізу, її зміст та впровадження. Розглянуто та обґрунтовано результати порівняльного аналізу різних нейромережевих методів прогнозування. Визначені переваги застосування нейромереж у інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень. Розроблено програмний продукт, за допомогою якого здійснюється аналіз та відбір тактичних рішень на основі прогнозних результатів, отриманих за допомогою нейронних мереж. Описано програмний інтерфейс. Визначено, що найкращі прогнози властивості для побудованої математичної моделі ІСППР демонструє генетичний алгоритм за використання радіально-базисних функцій. Проведено параметри налаштування алгоритмів навчання та нейромережі загалом. Проаналізовані тестові запуски та наведені обґрунтовані висновки за результатами дослідження.

Ключові слова: прогнозування, нейронна мережа, програмний продукт, інтелектуальна система підтримки прийняття рішень, статистика.

В статті проведено дослідження використання нейронних мереж в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень на підприємстві та сформульовано модель аналізу, її зміст та впровадження. Рассмотрены и обоснованы результаты сравнительного анализа различных нейросетевых методов прогнозирования. Определены преимущества применения нейронных сетей в интеллектуальной системе поддержки принятия решений. Разработан программный продукт, с помощью которого осуществляется анализ и отбор тактических решений на основе прогнозных результатов, полученных с помощью нейронных сетей. Описан программный интерфейс. Определено, что лучшие прогнозные свойства для построенной математической модели ИСППР демонстрирует генетический алгоритм при использовании радиально-базисных функций. Приведены параметры настройки алгоритма обучения и нейросети в целом. Проанализированы тестовые запуски и приведены обоснованные выводы по результатам исследования.

Ключевые слова: прогнозирование, нейронная сеть, программный продукт, интеллектуальная система поддержки принятия решений, статистика.

The article studied the use of neural networks in the intelligent decision support system at the enterprise and drafting the model of analysis, its content and implementation. Taking into account modern tendencies of improved management of business and possibilities of communication and information technologies, intelligent decision support systems is a perspective direction of management automatization. Data difficulty is defined by the need to integrate a significant amount of information; also, information processing is practically impossible without up-to-date computing technology. One of the main priorities of the enterprise management is the much improvement of the strategic decision support system, its harmonic development through the implementation of neural networks in the enterprise management system, what leads to the positive tendency of development of the set of enterprise indicators and characteristics as a whole, thorough analysis, and rational use of potential. In the modern business environment, the processes of analysis, monitoring, detection of errors, automatic notification in economic and social aspects and other factors of perspective planning and forecasting play the leading role in competitiveness and the effectiveness of company performance. Due to the conducted study of advantages and disadvantages of the previously mentioned methods of analysis and development of propositions in DSS, it is understood that algorithm of intelligent DSS (or IDSS) is the basis of the work. If to be more precise, it is the neural networks and their ability to forecast because of the learning possibility. The results of the comparative analysis of different neural networks methods of forecasting are considered and justified. The advantages of using neural networks in intelligent decision support system are written. The software product by which the analysis and choice of tactical decisions is conducted on the foundation of forecasting results of neural networks has been developed. The program interface is discussed. It is understood that the genetic algorithm with the use of radial basis function demonstrates the best forecasting features for the built mathematic model IDSS. The configuration options of educational algorithms and neural networks are provided. Test launches are analyzed and justified conclusions are made.

Key words: forecasting, neural network, software product, intelligent decision support system, statistics.

Постановка проблеми. Система підтримки прийняття рішень призначена для підтримки багатокритеріальних рішень у складному інформаційному середовищі. Інформаційна складність визначається необхідністю врахування великого обсягу даних, обробка яких без допомоги сучасної обчислювальної техніки практично нездійсненна. У цих умовах число можливих рішень, як правило, дуже велике, і вибір найкращого з них «на око», без усебічного аналізу може призводити до грубих помилок. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень з урахуванням сучасних тенденцій вдосконалення управління підприємствами та можливостей комунікаційно-інформаційних технологій є

актуальним та перспективним напрямом автоматизації управлінської праці [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах ведення бізнесу провідну роль у забезпеченні конкурентоспроможності та ефективності діяльності підприємства відіграють процеси аналізу, моніторингу, виявлення помилок, автоматичного оповіщення в економічних та соціальних аспектах та інших чинниках перспективного планування та прогнозування ситуації [2]. Нова інформаційна технологія ґрунтується насамперед на інтелектуальних технологіях і теорії штучного інтелекту. Питання застосування інформаційно-аналітичних систем прийняття

рішень досліджували як зарубіжні, так і вітчизняні вчені: С.М. Братушка, М.А. Демиденко, В.Ф. Ситник, С.О. Суботін, Л.В. Щавельов та ін. У роботах авторів Т.А. Фонарьової, В.О. Петренко, О.М. Приотоманової, К.М. Бушуєва наведено теоретичне обґрунтування застосування математичних методів прогнозування та моделювання в економіці, але не визначено місце та роль нейронних мереж в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень у процесі управління підприємством [3].

Постановка завдання. Метою статті є дослідження можливостей нейромережевих методів прогнозування в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень у процесі управління підприємством.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для аналізу і розробок пропозицій в СППР використовуються такі методи: інформаційний пошук, інтелектуальний аналіз даних, пошук знань у базах даних, міркування на основі прецедентів, імітаційне моделювання, еволюційні обчислення і генетичні алгоритми, нейронні мережі, ситуаційний аналіз, когнітивне моделювання та ін. Завдяки проведеному аналізу переваг та недоліків вищезгаданих методів визначено, що у цьому дослідженні будуть використані можливості інтелектуальної СППР або ІСППР, оскільки в основі роботи такої системи лежить метод штучного інтелекту, а саме нейронні мережі та здатність їх до прогнозування завдяки можливості навчання.

Нейронна мережа – сукупність нейронних елементів і зв'язків між ними. Основний елемент нейронної мережі – це формальний нейрон, що здійснює операцію нелінійного перетворення суми добутків вхідних сигналів на вагові коефіцієнти. Для навчання мережі використовуються різні алгоритми навчання та їх модифікації. Дуже важко визначити, який навчальний алгоритм буде найшвидшим під час вирішення того чи іншого завдання. Найбільший інтерес для нас становить алгоритм зворотного поширення помилки, який є ефективним засобом для навчання багатошарових нейронних мереж прямого поширення. Алгоритм мінімізує середньоквадратичну помилку нейронної мережі. Для цього з метою налаштування синоптичних зв'язків використовується метод градієнтного спуску в просторі вагових коефіцієнтів і порогів нейронної мережі. Для прискорення процедури навчання замість постійного кроку навчання запропоновано використовувати адаптивний крок навчання $\alpha(t)$. Алгоритм із адаптивним кроком навчання працює в 4 рази швидше. На кожному етапі навчання мережі він вибирається таким, щоб мінімізувати середньоквадратичну помилку мережі [4].

Для прогнозування систем на базі НМ найкращі якості показує гетерогенна мережа, що складається з прихованих шарів із нелінійною функцією

активації нейронних елементів та вихідного чи лінійного нейрона. Недоліком більшості розглянутих нелінійних функцій активації є те, що область вихідних значень їх обмежена відрізком $[0,1]$ або $[-1,1]$. Це приводить до необхідності масштабування даних, якщо вони не належать вказаним вище діапазонам значень. У роботі запропоновано використовувати логарифмічну функцію активації для вирішення завдань прогнозування, яка дає змогу отримати прогноз значно точніший, ніж під час використання сігмоїдної функції.

Велику роль для ефективності навчання мережі грає архітектура НС. У роботі використовувалася тришарова НС, яка дає змогу апроксимувати будь-яку функцію з як завгодно заданою точністю. Точність визначається числом нейронів у прихованому шарі, але за занадто великої розмірності прихованого шару може наступити явище, зване «перенавчання мережі». Для усунення цього недоліку необхідно, щоб число нейронів у проміжному шарі було значно меншим, ніж число тренувальних образів. З іншого боку, за дуже маленької розмірності прихованого шару можна потрапити в небажаний локальний мінімум.

Нейромережі та програмні пакети на їх основі цікаві не самі по собі, а як інструмент вирішення практичних завдань. Ось чому дуже актуальним є дослідження та порівняльний аналіз різних нейромережевих методів прогнозування. У попередніх наших роботах розглянуто роль, місце та порівняльний аналіз різних нейромережевих методів прогнозування у маркетинговій інформаційній системі управління підприємством [5]. У цій роботі запропоновано використання результатів порівняльного аналізу нейромережі та програмних пакетів на їх основі у інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень у процесі управління підприємством, а саме:

1. Багатошаровий нейрон і алгоритм зворотного поширення помилки (АЗПП). Алгоритм має багато переваг, нейронна мережа з АЗПП або спорідненими алгоритмами є чи не єдиною прийнятним засобом для вирішення завдання прогнозування в разі складної залежності між вхідними факторами і результуючими характеристиками, особливо якщо останні мають векторне подання.

2. RBF-мережі. Головною відмінністю між RBF-мережею і нейромережами, які навчаються за допомогою алгоритму АЗПП, є те, що перші забезпечують глобальну апроксимацію нелінійного відображення, тоді як другі – локальні.

3. Мережі зустрічного поширення. На відміну від НМ з АЗПП, мережі зустрічного поширення (МЗП) призначені для початкового швидкого моделювання. Мережу зустрічного поширення рекомендується використовувати для попереднього прогнозування (для цього досить на входи навченої мережі подати тільки вектор X і отримати на

виході і X , і Y). Порівняно з НМ з АЗПП мережа МЗП вчиться значно швидше, але точність результату нижча.

Таким чином, у процесі проведеного дослідження виявлено такі переваги нейромереж: успадкування певних механізмів роботи мозку; можливість універсальної апроксимації безперервних залежностей; здатність до відновлення інформації у разі руйнування або видалення певної частини нейромережі; паралельна обробка інформації. До недоліків нейромереж можна віднести: відсутність чіткої теорії і механізмів інтерпретації функціонування і результатів роботи; низьку швидкість навчання і необхідність розроблення алгоритмів уникнення «паралічу», перенавчання та попадання в локальні оптимуми; необхідність вибору нейромережових парадигм і розроблення відповідних формалізацій для вирішення конкретних завдань. Зазначені переваги є передумовою того, що нейромережові технології досить привабливі для вивчення, дослідження й удосконалення, а також розроблення систем, у яких інтегровані нейронні мережі та інші методи мають ще обмежене практичне застосування. Значною мірою це визначається якістю програмного забезпечення, яке базується на реалізації нейропарадигм, а також необхідністю виконання значного обсягу робіт, пов'язаного із попередньою підготовкою апріорних даних і визначенням архітектури та структури нейронних мереж. Тому прогнозування майбутніх процесів не може бути ефективно здійснено лише шляхом використання нейромережових технологій, необхідним є і знання їх «інфраструктури».

За допомогою статистичних даних у пакеті EXCEL проведемо оцінку параметрів структурних рівнянь побудованої математичної моделі. Оцінимо статистичну значущість кожного рівняння за допомогою критерію Фішера, обчислимо коефіцієнт детермінації R^2 та перевіримо на крите-

рій Стюдента кожен параметр відповідного рівняння побудованої моделі. Зведені результати наведені у табл. 1.

Як можна побачити з отриманих результатів після оцінки параметрів системи симулятивних (одночасних) рівнянь, коефіцієнт детермінації деяких структурних рівнянь далеко не найкращий, окрім того, одне з рівнянь виявилось статистично незначущим за критерієм Фішера. Тобто прогнозування за оціненими за допомогою 2МНК параметрами проводити неможливо. Для того щоб визначитися зі структурою нейромережі, було проведено тестові випробування. Так, на вхід нейромережі завжди подається кількість незалежних змінних відповідного структурного рівняння. А от для визначення кількості нейронів на прихованому шарі було проведено тестові запуски. За результатами аналізу визначено, що результати роботи програми за різних структур нейромережі доволі цікаві.

Для побудованої моделі найкращі прогнозні властивості демонстрували нейромережі із 3–4 нейронами на прихованому шарі. Це можна пояснити розміром вибірки статистичних даних та кількістю нейронів на вхідному шарі (рівно кількості змінних у відповідному структурному рівнянні). Для цього для кожної пари (алгоритм; тип мережі) проводили навчання та фіксували результати. Аналізуючи результати, доходимо висновку, що найкращі прогнозні властивості для побудованої математичної моделі ІСППР демонструє генетичний алгоритм за використання радіально-базисних функцій. Отриману відсоткову похибку для нашої статистичної вибірки за побудованою математичною моделлю можна вважати прийнятною.

Створений програмний продукт дасть змогу моделювати та прогнозувати показники макросередовища як внутрішнього, так і зовнішнього ринку, на якому планує працювати підприємство. Також одним з основних завдань є участь у тенден-

Таблиця 1

Статистичний аналіз значущості рівнянь

Структурне рівняння	Параметрична форма структурного рівняння отриманого за 2МНК	R^2	F-статистика (критерій Фішера)	Висновок про статистичну значимість рівняння
1) $f_{chn} = f_1(MINC, ASAV)$	$f_{chn} = -0,1321 * MINC + 0,5873 * ASAV$	0,824	97,327	Стат.значимо
2) $ASAV = f_2(MINC, EU)$	$ASAV = 28551449,5 * MINC + (-0,0417) * EU$	0,777	40,071	Стат.значимо
3) $MINC = f_3(CE, MINC(t-1))$	$MINC = 0,8155 * CE + 0,9833 * MINC(t-1)$	0,945	189,088	Стат.значимо
4) $CE = f_4(p, WR, ane)$	$CE = 474,7 * p + 60014163 * WR + 115428,0151 * ane$	0,830	38,100	Стат.значимо
5) $gcf = (gdp(t-1))$	$gcf = 0,0708 * gdp(t-1)$	0,556	18,762	Стат. не значимо
6) $saldo = f_6(XG, XS, MG, MS)$	$saldo = 3,81 * XG + 0,61 * XS - 1,67 * MG + 0,105 * MS$	0,995	1029,229	Стат.значимо

гнозної вартості проекту для підприємства, яка з легкістю реалізується з використанням цього програмного продукту

Специфіка ІСППР із нейронною мережею, яка пропонується у роботі, полягає в тому, що здійснюється аналіз та відбір тактичних рішень на основі прогнозних результатів, отриманих за допомогою нейронних мереж.

Призначений для користувача інтерфейс (рис. 1) являє собою програмний комплекс, котрий повинен забезпечити просту і зручну взаємодію між системою і кінцевим користувачем.

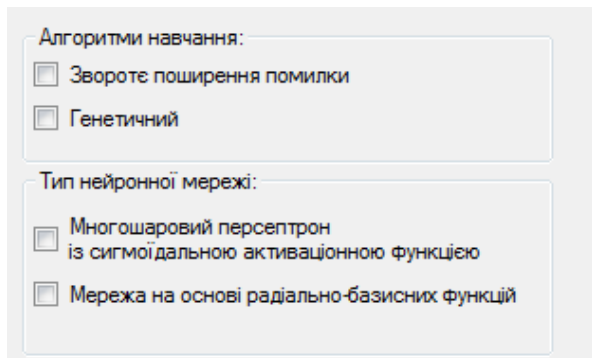


Рис. 1. Обрання конфігурацій

Він включає різні сценарії (меню) роботи. При цьому робота користувача, у ролі якого виступає експерт-маркетолог, зводиться до вводу необхідних вхідних даних для отримання прогнозного значення за допомогою ІСППР, на основі якого буде прийняте управлінське рішення. Після запуску програмного продукту користувачу дається можливість обрати тип алгоритму навчання та структури нейронної мережі, тобто налаштувати програмний продукт.

Висновки з проведеного дослідження.

Отже, така інтелектуальна система підтримки та прийняття рішень дасть змогу приймати найважливіші рішення в інтерактивному режимі, аналізувати, планувати і контролювати різні маркетингові заходи і проектувати їх за принципом «що, якщо». На цій основі з'являється можливість ієрархічного прийняття рішень. У результаті велике коло досить складних завдань, яке раніше могло виконуватися лише кваліфікованими фахівцями у сфері маркетингу, за допомогою систем підтримки рішень може бути реалізовано також фахівцями суміжних підрозділів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень / О.В. Нестеренко, та інш., за ред. П.І. Бідюка. Київ. Національна академія управління, 2016. 188 с.

2. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. Дніпро: Національний гірничий університет, 2016. 104 с.

3. Петренко В.О. Теоретичне обґрунтування застосування математичних методів прогнозування та моделювання в економіці. *Економічна кібернетика: моделювання соціально-економічних систем: монографія* / Т.А. Фонарьова, В.О. Петренко, О.М. Притоманова, К.М. Бушуєв. Дніпро. 2017. С. 138-148.

4. Петренко В.О., Бушуєв К.М., Савчук Л.М., Фонарьова Т.А. Застосування нейронних мереж в системах підтримки та прийняття рішень маркетингової інформаційної системи підприємства. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2018. № 3(67). С. 43–52.

5. Синиціна Ю.П., Шпортко Г.Ю., Бушуєв К.М. Роль та місце маркетингової інформаційної системи в процесі управління маркетингом підприємства сфери послуг. *Сучасні проблеми обліку, аналізу, аудиту й оподаткування суб'єктів господарської діяльності: теоретичні, практичні та освітні аспекти*: 36. наук. праць за матер. III Всеукр. наук.-практ. конф., Дніпро, 28–29 березня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 506–509.

REFERENCES:

1. Nesterenko O.V. (2016) *Intelektualni systemy pidtrymky pryiniattia rishen* [Intelligent decision support systems]. Kiev: National Academy of Management. (in Ukrainian).

2. Demydenko, M.A. (2016). *Decision support systems* [Systemy pidtrymky pryiniattia rishen]. Dnipro: Nationalnyi hirnychiy universytet. (in Ukrainian).

3. Fonareva T.A., Petrenko V.O., Pritomanov O.M., Bushev K.M. (2017) *Teoretychne obgruntuvannia zastosuvannia matematychnykh metodiv prohozuvannia ta modeliuвання v ekonomitsi* [Theoretical substantiation of the application of mathematical methods of forecasting and modeling in economics]. *Ekonomiczna kibernetika: modeliuвання sotsialno-ekonomichnykh system* [Economic Cybernetics: Simulation of Socio-Economic Systems]. Dnipro: NMetAU, pp. 138-148.

4. Petrenko V.O., Bushev K.M., Savchuk L.M., Fanareva T.A. (2018) *Zastosuvannia neyronnih merezh v sistemah pidtrimki ta priynyattia rishen marketingovoyi Informatsiynoyi sistemi pidpriemstva* [Application of Neural Networks in Systems of Support and Decision Making of the Marketing Information System of the Enterprise]. *Project management and production development*, vol. 3 (67), pp. 43–52.

5. Synytsina Yu.P., Shportko G.Yu., Bushev K.M. (2019) *Rol ta mistse marketynhovoi informatsiynoi systemy v protsesi upravlinnia marketynhom pidpriemstva sfery posluh* [The role and place of a marketing information system in the management of the marketing of service sector enterprises]. *Proceedings of the Modern problems of accounting, analysis, audit and taxation of economic entities: theoretical, practical and educational aspects* (Ukrainian, Dnipro, March 28–29, 2019), Dnipro: NMetAU, pp. С. 506–509.

Synytsina Yuliia

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at Department of Management
National Metallurgical Academy of Ukraine

Kaut Olga

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at Department of Management
National Metallurgical Academy of Ukraine

Fonareva Tatiana

Senior Instructor at Department of Management
National Metallurgical Academy of Ukraine

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE MANAGEMENT OF ENTERPRISES

The purpose of this article. The purpose of this article is the research of the use of neural networks in the intelligent decision support system at the enterprise and drafting the model of analysis, its content and implementation.

Taking into account modern tendencies of improved management of business and possibilities of communication and information technologies, intelligent decision support systems is a perspective direction of management automatization. Data difficulty is defined by the need to integrate a significant amount of information; also, information processing is practically impossible without up-to-date computing technology.

The methodology of the study. One of the main priorities of the enterprise management is the much improvement of the strategic decision support system, its harmonic development through the implementation of neural networks in the enterprise management system, what leads to the positive tendency of development of the set of enterprise indicators and characteristics as a whole, thorough analysis, and rational use of potential.

In the modern business environment, the processes of analysis, monitoring, detection of errors, automatic notification in economic and social aspects and other factors of perspective planning and forecasting play the leading role in competitiveness and the effectiveness of company performance.

Results. In the research, the following advantages of neural networks are recognized: inheritance of certain mechanisms of brain function and the possibility of universal approximation of continuous dependencies; information resilience at fracture or disposal of the section of the neural network; parallel information processing. Apart from that, there are several disadvantages: absence of a clear theory and mechanisms of interpretation of functioning and results of the work; low pace of learning, necessity to elaborate algorithms to avoid "paralysis", retraining and hit to the local optimum; need for choice of neural networks paradigms and design of appropriate formalizations in order to solve a certain task.

The indicated benefits are the precondition of the fact that neural network technologies are attractive enough for learning, investigation and improvement. Also, the development of systems with integrated neural networks and other methods have limited practical implementation.

Practical significance. The software product by which the analysis and choice of tactical decisions are conducted on the foundation of forecasting results of neural networks has been developed.

The program interface is discussed. It is understood that the genetic algorithm with the use of radial basis function demonstrates the best forecasting features for the built mathematic model IDSS.

Consequently, such intelligent decision support system makes it possible to take critical decisions in the interactive regime, gives an opportunity to analyze, plan and control different marketing events and to design them on the principle "what if". On that basis, there is a possibility of hierarchical decision-making. As a result, the big circle of complicated tasks, which could previously be carried out by qualified specialists in the field of marketing, now can be performed by the specialists of related branches with the help of decision support systems.

Value/originality. The results of the comparative analysis of different neural networks methods of forecasting are considered and justified. The advantages of the use of neural networks in the intelligent decision support system are specified. The configuration options of educational algorithms and neural networks are provided. Test launches are analyzed and justified conclusions are made.