

УДК 0004.89

DOI: 10.31673/2412-9070.2021.063134

Б. В. ХРИСТИЧ, магістр;

Н. А. ТРИНТИНА, канд. техн. наук, доцент;

О. В. НЕГОДЕНКО, канд. техн. наук, доцент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДЕМОГРАФІЧНОЇ СИТУАЦІЇ

Протягом багатьох років демографічний розвиток став об'єктом наукового вивчення, однак і в час розквіту нових технологій є явища, що впливають на демографічні показники всього світу. У статті досліджено і виокремлено основні чинники, що впливають на демографічні процеси, здійснено аналіз переваг і недоліків уже наявних інструментів та власне моделювання демографічних процесів України. Метою є дослідження засад прогнозування демографічних процесів та їх моделювання. Наведено огляд сучасних математичних методів опису динамічних процесів, а також методів апроксимації та прогнозування. Формування нової національної стратегії, спрямованої на розвиток людського потенціалу, в поєднанні з несприятливими тенденціями демографічного відтворення населення України зумовлюють актуальність демографічних досліджень. Новизною є розгляд динаміки демографічних процесів у світі з огляду на останні події 2020 року та власне оцінювання їх впливу на чисельність населення. Країні, щоб бути лідером, треба мати сильну економіку, яка, зі свого боку, залежить від демографічних показників. Останні відіграють неабияку роль як усередині держави так і ззовні. Кількість населення демонструє зміни напряму вектора політики всередині держави.

Щоб уникнути вірогідних соціальних, економічних або проблем іншого характеру, потрібно слідкувати за демографічною ситуацією, а саме проводити демографічний аналіз, допомагаючи в подальшому запобігти їм. Нерідко про це забувають, що може призвести до систематичного зменшення населення. Тому необхідно приймати правильні рішення в цьому напрямку, щоб допомогти країні розвиватись. Слушною ідеєю була б побудова моделей прогнозування, які допоможуть в отриманні прогнозів демографічної ситуації, котрі можна використати для подальшого оброблення та аналізу. Якщо завчасно визначити проблему, то можна запобігти більш глобальним проблемам. Сьогодні є різні програмні застосунки, які надають змогу прогнозувати процеси. Усе, що нас оточує, розвивається, а особливо цифрова сфера, і тепер у нас є можливість виконувати більш комплексні обчислення ще з більшою швидкістю. У статті розглянуто демографічні процеси, а також виокремлено основні ознаки, що впливають на демографічну ситуацію. Для роботи було вибрано мультишаровий перцептрон, який належить до нейронних мереж типу прямого поширення.

Ключові слова: демографічні процеси; нейронна мережа; нелінійні нестационарні процеси; прогнозування; регресійне моделювання.

ВСТУП

Для уникнення економічних, соціальних чи інших проблем та підвищення рівня життя населення важливим є можливість оцінити тенденцію розвитку демографічного стану країни. Це забезпечить проведення більш глибокого аналізу її зростання, що зрештою допоможе у прийнятті правильних рішень. Зазвичай демографічному стану країни не приділяють достатньої уваги, ігноруються такі важливі соціальні та економічні питання, від яких залежить подальший розвиток держави в цілому.

Було вирішено розробити ССПР, що дала б змогу отримати прогноз демографічних процесів для їх подальшого аналізу та використання.

Об'єкт дослідження — методи та засоби прогнозування та аналіз демографічного стану населення.

Предмет дослідження — нейронні мережі для аналізу демографічної ситуації в Україні.

Мета роботи — підвищення ефективності аналізу демографічної ситуації за допомогою нейронних мереж.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Аналіз сучасних вирішень

У наукових дослідженнях [1–3] детально розглянуто основні моделі, які здобули популярність під час прогнозування демографічних процесів.

Ось деякі з них.

♦ **Авторегресія:** $y(k) = a_0 + a_1 y(k-1) + \dots + a_p y(k-p) = a_0 + \sum a_i y(k-i)$ $p_i = 1 + \varepsilon(k)$, де p — порядок авторегресії; k — дискретний час; a_i — визначені на основі значень часового ряду коефіцієнти моделі; $\varepsilon(k)$ — випадкова величина, яка може з'являтися через похибки рівняння, вплив випадкових збурень, обчислювальні похибки тощо.

♦ **Множинна регресія:** $y(k) = a_0 + a_1 x_1(k) + \dots + a_p x_p(k) + \varepsilon(k)$ $\sum p_i = 33$, де $x_1(k), \dots, x_p(k)$ — регресори рівняння.

♦ **Змішана регресія:** $y(k) = a_0 + \sum a_i y(k-i) + p_i = 1 b_1 x_1(k) + \dots + b_p x_p(k) + \varepsilon(k)$.

Демографічні процеси також можна спрогнозувати за допомогою нейронних мереж.

Нейронна мережа (Neural network, NN) — це низка алгоритмів, які намагаються розпізнати

основні взаємозв'язки в наборах даних за допомогою процесу, що імітує роботу людського мозку. Нейронні мережі є одним із найбільш часто використовуваних видів машинного навчання.

Нейронні мережі можуть виступати конкурентоспроможною альтернативою класичним методам, адже для «тренування» нейронної мережі використовують два різні набори даних: набір для навчання і набір для тестування. Перевагою нейронних мереж є те, що процес навчання в них відбувається постійно зіставленням своїх прогнозів із даними, що надходять. До того ж нейронні мережі комбінують фундаментальні та технічні дані для їх оптимального використання. Мережі мають достатню власну потужність для виявлення неврахованих патернів та їх подальшого застосування в прогнозуванні, аби досягти максимально точного вихідного результату.

Для побудови майбутнього вирішення, що буде задіяне в прогнозуванні демографічної ситуації, слід проаналізувати сучасні нейронні мережі.

Одношарові штучні нейронні мережі

Одношарова нейронна мережа (*Single-layer neural network*) — мережа, в якій сигнали від вхідного шару відразу подаються на вихідний шар. Далі він, перетворюючи сигнал, здійснює необхідні обчислення, результати яких зараз же подаються на виходи.

Одношарову нейронну мережу зображено на рис. 1, на якому вхідний шар позначено колами (він не вважається шаром нейронної мережі), а праворуч розташовано шар звичайних нейронів. Нейрони з'єднано один з одним стрілками. Над стрілками розташовано ваги відповідних зв'язків (вагові коефіцієнти).

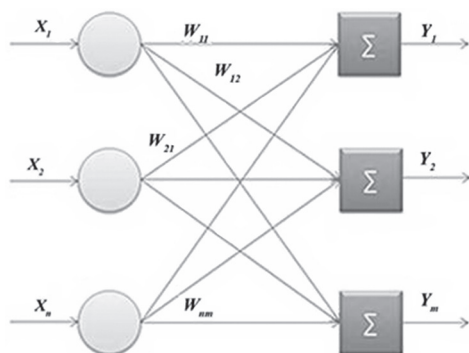


Рис. 1. Одношарова нейронна мережа

Багатшарові штучні нейронні мережі

Багатшарова нейронна мережа (*Multilayer neural network, MNN*) — нейронна мережа, що складається з вхідного, вихідного та розташованого між ними одного або кількох прихованих шарів нейронів (рис. 2).

Ці мережі, крім вхідного та вихідного шарів нейронів, характеризуються ще й прихованим

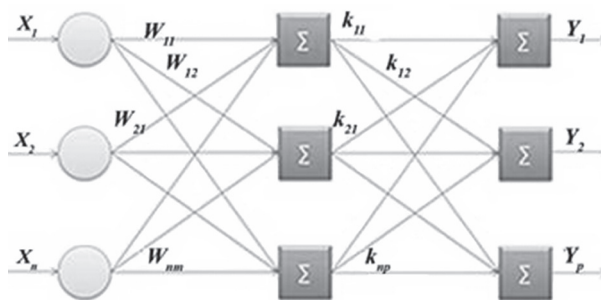


Рис. 2. Двошарова нейронна мережа

шаром (шарами). Зрозуміти їх розташування просто — ці шари містяться між вхідним та вихідним шарами.

Така структура нейронних мереж копіює багатшарову структуру певних відділів мозку.

Рекурентні нейронні мережі

Ідея рекурентних нейронних мереж (*Recurrent neural networks, RNN*) полягає у послідовному використанні інформації (рис. 3). У традиційних нейронних мережах ідеться про те, що всі входи і виходи незалежні. Але це не відповідає багатьом завданням. Якщо треба передбачити наступне слово в реченні, краще зважати на попередні слова.

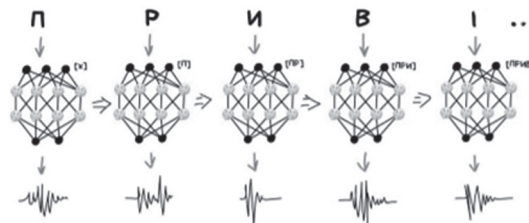


Рис. 3. Рекурентна нейронна мережа

RNN називаються рекурентними, оскільки вони виконують одну й ту саму задачу для кожного елемента послідовності, причому вихід залежить від попередніх обчислень. Ще одна інтерпретація RNN: це мережі, які мають «пам'ять», яка враховує попередню інформацію. Теоретично RNN можуть використовувати інформацію у довільно довгих послідовностях, але на практиці вони обмежені лише кількома кроками.

Нейронні мережі прямого поширення

На зображеннях нейронних мереж у вже розглянутих прикладах можна помітити одну дуже цікаву деталь. У всіх прикладах стрілки строго йдуть зліва направо, тобто сигнал у таких мережах йде точно від вхідного шару до вихідного. Такі мережі широко використовуються й успішно вирішують певний клас завдань: прогнозування, кластеризацію і розпізнавання (рис. 4).

Отже, мережі прямого поширення (*Feedforward neural network, feedforward-мережі*) — це штучні нейронні мережі, в яких сигнал поширюється

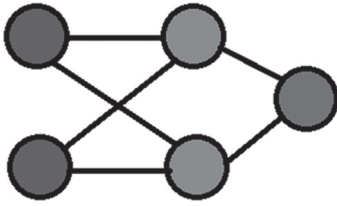


Рис. 4. Нейронна мережа прямого поширення

строго від вхідного шару до вихідного. У зворотному напрямку сигнал не поширюється.

Для аналізу демографічної ситуації використовуватимемо нейронну мережу прямого поширення, базуючись на емпіричному дослідженні, а саме на практичному досвіді отримання балансу між значенням функції витрат та оптимального рівня навчання мережі.

ВИСНОВКИ

Використання нейронних мереж для аналізу демографічної ситуації набуває дедалі більшого розвитку. Для прогнозування демографічних процесів було взято деякі методи машинного навчання, а саме: лінійну регресію, дерево рішень та метод опорних векторів. Як нейронна мережа було використано мультишаровий перцептрон, який на-

лежить до нейронних мереж типу прямого поширення. У процесі дослідження було визначено, що мультишаровий перцептрон найкраще підходить до такого типу задачі. Це було визначено оцінюванням якості, а саме метрикою RMSE (середньоквадратичним відхиленням). Стандартні методи не мають такої гнучкості, як нейронні мережі, які можуть пристосуватися до різкої зміни демографічної ситуації, а отже, бути корисними в умовах стрімко мінливого світу.

Список використаної літератури

1. Бідюк П. І., Половцев О. В. *Аналіз та моделювання економічних процесів перехідного періоду*. Київ: ПЛАБ-75, 1999. 230 с.
2. Бідюк П. І. *Системний підхід до побудови математичних моделей на основі часових рядів // Системні дослідження та інформаційні технології*. 2002. №3. С. 114–131.
3. Бідюк П. І. *Часові ряди: моделювання та прогнозування*. Київ: ЕКМО, 2004. 144 с.
4. Simon O. Haykin. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation Second Edition, Ontario Canada: McMaster University, 2019. 1104 с.*

Б. В. Христинч, Н. А. Тринтина, Е. В. Негоденко

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

На протяжении многих лет демографическое развитие стало объектом научного изучения, однако и во время процветания новых технологий есть явления, влияющие на демографические показатели всего мира, и к которым человечество готово. В статье исследовано и выделено основные факторы, влияющие на демографические процессы, дан анализ преимуществ и недостатков существующих инструментов и собственно моделированию демографических процессов Украины. Целью является исследование основ прогнозирования демографических процессов и их моделирование. Представлен обзор некоторых современных математических методов описания динамических процессов, а также методов аппроксимации и прогнозирования. Формирование новой национальной стратегии, направленной на развитие человеческого потенциала, в сочетании с неблагоприятными тенденциями демографического воспроизводства населения Украины, обуславливают актуальность демографических исследований. Новизной является рассмотрение динамики демографических процессов в мире с учетом последних событий 2020 года и оценка их влияния на численность населения. Стране, чтобы быть лидером, нужно иметь сильную экономику, которая в свою очередь зависит от демографических показателей. Последние играют незаурядную роль как внутри государства, так и извне. Численность населения демонстрирует возможные изменения направления вектора политики внутри государства.

Чтобы избежать вероятных социальных, экономических или проблем другого плана, необходимо следить за демографической ситуацией, а именно проводить демографический анализ, что может в дальнейшем помочь предотвратить проблемы, упомянутые выше. Не редко об этом забывают, что может привести к не очень хорошим последствиям, вплоть до систематического уменьшения населения. Поэтому необходимо принимать правильные решения в этом направлении, чтобы помочь стране развиваться. Хорошей идеей было бы построить модели прогнозирования, которые помогут в получении прогнозов демографической ситуации, что можно использовать для дальнейшей обработки и анализа. Если заранее определить проблему, то можно предотвратить более глобальные проблемы. Сегодня есть различные программные приложения, которые позволяют прогнозировать процессы. Все, что нас окружает, развивается, особенно цифровая сфера, и теперь у нас есть возможность выполнять комплексные вычисления с еще большей скоростью. В статье рассмотрены демографические процессы, а также выделены основные признаки, влияющие на демографическую ситуацию. Для работы был выбран мультислойный перцептрон, который относится к нейронным сетям типа прямого распространения.

Ключевые слова: демографические процессы; нейронная сеть; нелинейные нестационарные процессы; прогнозирование; регрессионное моделирование.

B. Khrystych, N. Trintina, O. Nehodenko

SELECTION OF THE OPTIMAL NEURAL NETWORK FOR ANALYSIS OF THE DEMOGRAPHIC SITUATION

Demographic development has been a subject of study for many years, however, even during the prosperity of new technologies, there are phenomena that affect the demographic indicators of the whole world, and for which humanity is ready. Therefore, this work is devoted to the study and identification of the main factors affecting demographic processes, analysis of the advantages and disadvantages of existing tools and the actual modeling of demographic processes in Ukraine. The aim is to study the basics of forecasting demographic processes, modeling demographic processes. It provides an overview of some modern mathematical methods for describing dynamic processes, as well as methods of approximation and forecasting. The formation of a new national strategy aimed at human development, combined with unfavorable trends in the demographic reproduction of the population of Ukraine, determines the relevance of demographic research, the novelty is to consider the dynamics of demographic processes in the world, taking into account the latest events of 2020 and assess their impact on the population. Every citizen of his country influences its development. To be a global leader, a country needs a strong economy, which in turn depends on demographics. The latter play an outstanding role within the state and outside. The population size the desire to form something, more and improve the quality of the state clearly demonstrate, possible changes in the direction of the policy vector within the state.

To avoid probable social, economic or other problems, it is necessary to monitor the demographic situation, namely, to carry out demographic analysis, which can further help prevent the problems mentioned above. This is often forgotten, which can lead to not very good consequences, up to a systematic decrease in the population. Therefore, it is necessary to make the right decisions in this direction to help the country develop. It is a good idea to build forecasting models that will help you generate demographic forecasts that can be used for further processing and analysis. If you define the problem in advance, you can prevent more global ones. Today there are various software applications that allow predicting processes. Everything that surrounds us is developing, especially the digital sphere, and now we have the opportunity to do more complex calculations and even more speed. The demographic processes are considered in the work, and also the basic signs influencing a demographic situation are allocated. A multilayer perceptron, which belongs to neural networks of the direct propagation type, was chosen for the work.

Keywords: demographic processes; neural network; non-linear non-stationary processes; forecasting; regression modeling.