

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

*Зверьков П.С., Жукова Т.П., Теплова О.В.*

Донецкий национальный технический университет

Факультет компьютерных наук и технологий

Кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: [Peter@telenet.dn.ua](mailto:Peter@telenet.dn.ua)

### **Аннотация**

*Зверьков П.С., Теплова О.В. Применение методов прогнозирования в исследовании динамики социально-демографических показателей на основе аппарата нейронных сетей. В статье рассмотрены и проанализированы наиболее эффективные методы прогнозирования социально-демографических показателей. Даны рекомендации, а также предложено применение подхода предобработки данных в задаче нейросетевого прогнозирования для получения более точных результатов.*

**Актуальность.** В ходе проведения админреформы необходим действенный инструмент, позволяющий выполнить большой объем работы, принимать большее количество решений при меньшем количестве персонала. Применение современных методов прогнозирования в связке с мощными компьютерно-аналитическими системами как раз и может в полной мере решить сложившуюся проблему. Одним из популярных сегодня подходов решения задачи прогнозирования является использование искусственных нейронных сетей. В рамках этого подхода поведение некоторого процесса чаще всего преобразовывается во временной ряд, и далее нейронной сетью прогнозируется уже поведение этого временного ряда.

Задача прогнозирования временных рядов была и остается актуальной, особенно в последнее время, когда стали доступны мощные средства сбора и обработки информации. Широкое применение нейронных сетей в данной задаче было обусловлено наличием в большинстве временных рядов сложных закономерностей, не обнаруживаемых линейными методами. Один из важных этапов в решении задачи нейросетевого прогнозирования – это формирование обучающей выборки, от состава, полноты и качества которой существенно зависят время обучения нейронной сети и достоверность получаемых моделей.

**Постановка задач исследования.** Имеется задача прогнозирования сумм бюджетных средств на выплаты при рождении ребёнка. Необходимо построить временной ряд значений  $A(t)$ . Нейросетевое прогнозирование применяется для построения модели  $A(t)=F(A(t-1), \dots, A(t-n))$ , где  $n$  - фиксированное число. И затем при помощи функции многих переменных  $F$  осуществляется экстраполяция (прогнозирование) - подставляются последние известные значения  $A$  и получается новое, прогнозное значение.

В данных условиях временной ряд значений  $A(t)$  может содержать:

- количество женщин фертильного возраста;
- информацию о занятости и уровне доходов;
- информацию о профессиональном статусе (количество рабочих, специалистов основных направлений) ;
- информацию об уровне образования;
- информацию о количестве браков;

- информацию о количестве новорожденных детей за предшествующие аналогичные периоды;
- информацию о количестве семей с 1, 2, 3 и более детей;
- данных о трудовой миграции по регионам;
- количество отказов от детей в родильных домах;
- уровень экономической стабильности в стране;
- данные медицинской статистики о % бесплодных семей и количестве ЭКО;
- распределение населения на городское и сельское;
- прочие факторы.

При использовании аппарата нейронных сетей, для улучшения качества прогнозов (уменьшения значения возможной ошибки) все вышеперечисленные данные нуждаются в начальной предобработке с использованием правил нечеткой логики (с учётом особенностей регионального, экономического и прочего характера, а также для дифференциации уровня влияния показателей на конечный результат прогноза).

Данные могут поступать с определенной периодичностью: неделя, месяц, квартал, полугодие, год, в зависимости от необходимого временного диапазона прогнозирования временного ряда  $A(t)$ .

**Анализ предметной области.** Существуют две основные категории прогнозов: статические и динамические. Ключевое отличие состоит в том, что динамические прогнозы предоставляют информацию о поведении исследуемого объекта на протяжении какого-либо значительного интервала времени. Статические прогнозы отражают состояние исследуемого объекта лишь в единственный момент времени и фактор времени, в котором объект претерпевает изменения, играет незначительную роль.

Прикладная ценность любого экономического прогноза определяется тем, как в нем содержательно связаны ретроспектива и создаваемые им элементы образа будущего. Прогноз нужен не столько для того, чтобы сформировать картину будущего, сколько для того, чтобы извлечь из ее анализа информацию, полезную для разработки текущей экономической политики.

Разработка демографических прогнозов происходит в несколько стадий.

Первая стадия – аналитическая. Ее содержание – анализ демографической ситуации в стране, регионах на начало прогнозируемого периода, оценка демографических результатов развития общества за истекший период, сопоставление их с прогнозными значениями показателей, выявление диспропорций и негативных тенденций, возникших в демографическом развитии страны.

Вторая стадия – целевая. На этой стадии обосновывается состав целей демографического прогноза. В составе целей выделяются по характеру их возникновения две группы целей.

1-ая группа – это цели, достижение которых представляет собой решение тех проблем, которые возникли в демографическом развитии страны истекшего периода.

2-ая группа целей – это цели, достижение которых предопределено изменением демографических условий в прогнозируемом периоде, характером тех требований, которые предъявит развитие экономики и социальной сферы к демографической ситуации страны в прогнозном периоде.

Третья стадия – расчетная. Ее содержание заключается в обосновании системы прогнозных показателей: численности населения, естественного прироста, структуры населения (половозрастной, территориальной, образовательной) и др.

Варианты демографических прогнозов отражают возможное влияние экономических, социальных, экологических, внешнеэкономических, внутривнутриполитических и других факторов на демографическую ситуацию в стране.

Факторы и показатели демографического развития.



Рассмотрим пример прогнозирования динамики социального показателя  $\lambda$ . На рисунке 1 представлен график, отражающий историю изменения некоторого показателя  $\lambda$  по неделям. В данных явно заметна выраженная цикличность. Для простоты предположим, что никаких других данных у нас нет. Тогда сеть логично строить следующим образом. Для прогнозирования на будущую неделю надо подавать данные о динамике  $\lambda$  за последние недели, а также данные об изменении  $\lambda$  в течение нескольких недель подряд год назад, чтобы сеть видела динамику показателя  $\lambda$  один сезон назад, когда эта динамика была похожа на настоящую за счет цикличности.

Этот приём можно использовать для расчёта бюджетных выплат при рождении ребёнка, усыновлении, определении размеров финансирования бюджетных мест в детских садах, школах, вузах всех уровней аккредитации и большинства других социальных расходов бюджета, имеющих циклический, а так же характер иной закономерности.

Например, количество усыновлений в течение года необходимо прогнозировать для перераспределения бюджетных средств на содержание детей в интернатах и единовременные выплаты при усыновлении по месяцам и кварталам в соответствии с наиболее вероятной потребностью.

**Рекомендации.** Если входных параметров много, крайне рекомендуется провести предобработку данных, для того чтобы понизить их размерность, или представить в правильном виде. Предобработка данных - отдельная большая тема, которой следует уделить достаточно много внимания, так как это ключевой этап в работе с нейронной сетью. В большинстве практических задач по прогнозированию предобработка состоит из разных частей в зависимости от предметной области и иных факторов. Предлагается следующий вариант: вносить в базу данных статистические данные за определенный период года, а последующие года вносить лишь индекс изменения по сравнению с аналогичным периодом контрольного года. Это даст возможность сократить размерность хранимых данных, а также на начальном этапе анализа сразу же получить картину динамики исследуемого социально-демографического показателя. Необходима предобработка с определением значимости каждого из возможных факторов и корректное исключение малозначительных.

Недостатком нейронных сетей является их недетерминированность. После обучения имеется "черный ящик", который определённым образом работает, но логика принятия решений нейросетью совершенно скрыта от эксперта. В принципе, существуют алгоритмы "извлечения знаний из нейронной сети", которые формализуют обученную нейронную сеть до списка логических правил, тем самым создавая на основе сети экспертную систему. К сожалению, эти алгоритмы не встраиваются в нейросетевые пакеты, к тому же наборы правил, которые генерируются такими алгоритмами достаточно объёмные. Тем не менее, в практических задачах непрозрачность нейронных сетей не является сколь-нибудь серьёзным недостатком.

Возможно также применение гибридных нейронных сетей, т.е. нечетких нейронных сетей с генетической настройкой параметров демонстрируют взаимное усиление достоинств и нивелирование недостатков отдельных методов:

1. Представление знаний в нейронных сетях в виде матриц весов не позволяет объяснить результаты проведенного распознавания или прогнозирования, тогда как в системах вывода на базе нечетких правил результаты воспринимаются как ответы на вопросы "почему?".

2. Нейронные сети обучаются с помощью универсального алгоритма, т.е. трудоемкое извлечение знаний заменяется сбором достаточной по объёму обучающей выборки. Для нечетких систем вывода извлечение знаний включает в себя сложные процессы формализации понятий, определение функций принадлежности, формирование правил вывода.

3. Нечеткие нейронные сети обучаются как нейронные сети, но их результаты объясняются как в системах нечеткого вывода.

Одна из наиболее передовых методик нейронных вычислений - генетические алгоритмы, имитирующие эволюцию живых организмов. Поэтому они могут быть использованы как оптимизатор параметров нейронной сети. В страховой фирме TSB General Insurance (Ньюпорт) используется сходная методика для прогноза уровня риска при страховании частных кредитов. Данная нейронная сеть самообучается на статистических данных о состоянии безработицы в стране.

В системе "Neuro Builder" для выбора одной сети создается популяция нейронных сетей, насчитывающая более 1000 вариантов, из которых потом в процессе их обучения выбирается лучшая. При этом необходимо заметить, что обучение одной такой нейронной сети – это значительные промежутки машинного времени. Такие временные затраты недопустимы при прогнозировании процессов, принятие решения в которых должно быть принято максимально оперативно. Т.е. для каждой задачи необходимо выбрать оптимальную концепцию для реализации, учитывающие все достоинства и недостатки нейросетевых моделей, что может являться так же дополнительной задачей решаемой посредством нейросетевого аппарата. В прогнозах всегда возможна ошибка, но задача концепции, реализуемой с помощью нейросетей, максимально приблизить ошибку к нулю. Это достигается выбором оптимальной модели архитектуры, способом обучения и начальной обработкой.

Требование к прогнозируемой величине – это возможность восстановления будущих значений временных рядов с требуемой точностью. Для сокращения времени обучения нейронной сети можно использовать преобразования сверток исходных данных, позволяющих описывать ситуацию меньшим количеством признаков без потери или с допустимой потерей точности. Также использование сверток позволяет отчасти решить проблему взаимозависимости входов, приводящую к снижению информативности описания ситуации, т.е. улучшить качество обучения.

**Выводы.** В работе рассмотрены применение нейронных сетей, которые являются наиболее эффективным и перспективным вариантом реализации задачи прогнозирования динамики социально-демографических показателей. Применение современных компьютерных технологий посредством использования нейросетевого подхода даёт возможность получать и принимать всесторонне обоснованные и своевременные управленческие решения, позволяющие эффективно использовать бюджетные и любые другие виды ресурсов в социальной и финансовой сферах. Рассмотрены и проанализированы различные подходы при реализации задачи прогнозирования, выявлены сильные и слабые стороны. Но именно предобработка данных, которая зачастую либо опускалась и не рассматривалась, либо рассматривалась лишь в контексте определенной задачи многими авторами по нейросетевому прогнозированию, влияет на результат решения задачи не менее чем способ обучения или архитектура самой нейронной сети.

#### Список литературы

- 1 Технологии для прогнозирования и анализа данных. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.neuroproject.ru/forecasting\\_tutorial.php](http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php) .
- 2 Методы социально-экономического прогнозирования.
- 3 [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <http://inpos.com.ua/48> .
- 4 Комарцова Л. Г., Максимов А. В. Нейрокомпьютеры: учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2002 - 320 с.
- 5 Фундаментальные научные исследования. Прогнозные исследования.
- 6 [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL:
- 7 <http://www.ras.ru/scientificactivity/scienceresults/prognosis.aspx>