Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Ф. Г. Нестерук, И. В. Котенко, Инструменталь- ные средства создания нейросетевых компонент ин- теллектуальных систем защиты информации, Тр. СПИИРАН, 2013, выпуск 26, 7–25

Использование Общероссийского математического портала Math- Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользователь- ским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки: IP: 109.172.78.234

28 января 2020 г., 12:01:46



**УДК** 004.7

Ф.Г. НЕСТЕРУК, И.В. КОТЕНКО **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СОЗДАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ КОМПОНЕНТ**

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*Нестерук Ф.Г., Котенко И.В.* **Инструментальные средства создания нейросетевых компонент интеллектуальных систем защиты информации.**

**Аннотация**. На рынке инструментальных средств создания нейросетевых интеллекту- альных систем представлено большое количество программных средств, что объясняет- ся многоплановостью задач интеллектуальной обработки информации. В работе предла- гается обзор инструментальных средств, применимых для создания нейросетевых ком- понент интеллектуальных систем защиты информации.

**Ключевые слова:** информационно-телекоммуникационные системы, системы защиты компьютерных систем, интеллектуальные системы, нейросетевые компоненты, нейрон- ные сети.

*Nesteruk F.G., Kotenko I.V.* **Tools for development of neural components of intelligent security systems.**

**Abstract.** The market of tools for development of neural intelligent systems presented in thou- sands of software titles, due to multiple tasks of intelligent information processing . The paper provides an overview of tools that are applicable for development of neural components of intelligent security systems.

**Keywords:** information and telecommunications systems, security systems of computer sys- tems, intelligent systems, neural networks.

1. **Введение.** На рынке нейросетевых инструментальных средств создания интеллектуальных систем представлено большое количество различных программных средств, что объясняется многоплановостью задач интеллектуальной обработки информации в различных сферах деятельности [2], в том числе для защиты информации в информаци- онно-телекоммуникационных системах [8, 11].

Актуальность проблемы выбора подходящих под решаемую задачу нейросетевых инструментальных средств в области защиты информа- ции обусловлена большим разнообразием представляемых ими функ- ций, возможностей настройки, характеристик и свойств, динамикой их развития, распределенной и разнородной структурой систем защиты информации (СЗИ) и множеством других факторов.

Внедрение перспективных систем защиты информации, использу- ющих средства интеллектуальной обработки информации на базе нейронных сетей, позволяет наделить системы защиты такими каче- ствами как избыточность, адаптивность, возможность эффективной классификации и кластеризации угроз и атак, выполнение вычислений

в реальном времени, повышение достоверности результатов и др. [3, 5, 6, 7].

В работе предлагается обзор инструментальных средств создания интеллектуальных систем, применимых для проектирования нейросе- тевых компонент интеллектуальных СЗИ [5-6].

Обзор не претендует на полноту, но включает анализ наиболее из- вестного программного обеспечения (ПО) в обозначенной области. Формат описания каждого средства в начальной части содержит название, авторов, сведения о компании-разработчике, ссылку на офи- циальный сайт, актуальность поддержки, и существует ли она. Далее следует описательная часть ПО.

В обзоре содержатся как описания актуального, поддерживаемого производителем ПО, так и «устаревшего», но уникального, и до сих пор востребованного специалистами предметной области, но лишен- ного поддержки по каким-либо причинам.

Статья имеет следующую структуру. В *разделе 2* описываются примеры сфер применения нейронных сетей (НС) для решения задач защиты информации. Дается общая характеристика средств создания нейронных сетей. В *разделе 3* рассматриваются специализированные инструментальные средства создания нейронных сетей. В *разделе 4* представляются многофункциональные средства создания нейронных сетей или программные комплексы, содержащие инструментарий, поз- воляющий моделировать нейросетевые компоненты. В *заключении* обобщены выводы по проделанной работе. Отмечено несколько дина- мично развивающихся программных средств, содержащих наиболее широкий спектр возможностей, в достаточной мере отвечающих по- требностям различных пользователей, в том числе, для целей модели- рования и анализа нейросетевых компонент защиты информации в информационно-телекоммуникационных системах [8].

1. **Общая характеристика нейронных сетей и их применение для задач защиты информации.** Средства создания нейронных сетей (НС), как правило, включают средства моделирования НС, называемые имитаторами или *нейропакетами*, средства обучения и графический пользовательский интерфейс. Подобное ПО реализует ряд обязатель- ных функций, таких как формирование модели НС, обучение и тести- рование НС [4].

Рассмотрим эти функции.

***Формирование моделей нейронных сетей.*** Модели НС определя- ются моделями формальных нейронов (ФН) и структурой межнейрон- ных связей.

8 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

В зависимости от структуры связей в нейропакетах обычно реали- зуются следующие *топологии* НС:

* НС *многослойная* (сеть из ряда слоев формальных нейронов);
* НС *полносвязная* (каждый формальный нейрон связан со всеми остальными ФН нейронной сети; в каждом такте на входы НС подаётся входной сигнал + значения выходов ФН, сформиро- ванные за предыдущий такт);
* НС *с локальными связями (*ФН располагаются в узлах прямо- угольной или гексагональной решетки сети. Каждый нейрон связан с ближайшими соседними);
* НС *неструктурированная* (модель сети, не имеющая структуры, подходящей к описанным выше группам).

Для построения НС под конкретные задачи, применяются процеду- ры формирования нейронных сетей, использующие распространенные топологии НС, и известные модели формальных нейронов, с различ- ными вариантами нелинейных преобразований или функций актива- ции: сигмоидальных, пороговых, кусочно-линейных, и др.

Группы моделей НС различимы по *применению* для решения кон- кретных задач:

* НС *многослойные* и *полносвязные с сигмоидальными функциями активации* (для распознавания образов, адаптивного управле- ния);
* НС *с локальными связями* (при обработки изображений);
* НС *многослойные с особыми функциями активации* (для реше- ния задач линейной алгебры).

Большинство задач *распознавания, классификации образов и управ- ления* сводятся к построению многопараметрических отображений.

НС *двухслойные* с сигмоидальными функциями активации, на кото- рых можно реализовать произвольные функции отображения входных сигналов в выходные [1, 9], имеют теоретическое обоснование.

***Обучение нейронных сетей.*** В большинстве нейропакетов исполь- зуются стандартные процедуры обучения НС, ориентированные на конкретные нейропарадигмы.

Зачастую в нейропакетах возможно задание различных типов дан- ных и размерности входных и выходных сигналов в зависимости от решаемой задачи.

Входными данными могут быть: изображения, числа, распределе- ния значений, а типом входных данных – числа на заданном диапа- зоне: бинарные, биполярные, целые или действительные. Выходными

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 9

сигналами НС являются: целые или действительные числа, или их век- тора.

При решении практических задач обычно используются обучаю- щие выборки, что предусмотрено в ряде нейропакетов в виде средств их формирования. Среднеквадратичное отклонение используется, в большинстве случаев, в качестве функции ошибки и позволяет опреде- лить соответствие выходных сигналов НС желаемым выходным сиг- налам обучающей выборки. В ряде нейропакетов существует возмож- ность выбора либо задания функции ошибки.

Реализуемые в нейропакетах алгоритмы обучения НС делятся на 3

группы:

* градиентные,
* стохастические,
* генетические.

*В градиентных* алгоритмах вычисления частных производных функции ошибки производятся по параметрам НС.

В *стохастических* алгоритмах минимум функции ошибки ищется случайным образом.

*В генетических* алгоритмах сочетаются свойства градиентных и стохастических алгоритмов (перебор вариантов реализуется на основе операции наследования, градиентный спуск реализуется на основе операции отбора).

Наличие процедур инициализации НС перед обучением преду- смотрено в нейроимитаторах (присваивание параметрам НС началь- ных значений).

Критерии остановки при обучении НС обычно используются сле- дующие: когда значения функции ошибки достигают заданного; когда успешно решаются все примеры обучающей выборки, где обучение – итерационная процедура. Одна из самых важных характеристик ПО для моделирования НС – скорость сходимости алгоритма обучения.

***Тестирование обученных НС.*** В нейроимитаторах предусмотрены средства тестирования для верификации обученной НС. Подаются входные сигналы, которые зачастую не совпадают с обучающей вы- боркой и проверяют правильность результата, формируемого на входы НС. Тестирование НС проводится на одиночных входных сигналах либо на тестовой выборке, состоящей из пар (желаемые входные сиг- налы, желаемые выходные сигналы). Сама тестовая выборка строится индивидуально для каждой решаемой задачи.

Нейронные сети могут использоваться для ***решения различных за- дач защиты информации*** [5, 6, 8, 11, 38, 40].

10 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

В основном – это задачи классификации, распознавания и класте- ризации при обнаружении атак, вторжений и вредоносных программ- ных объектов.

Другими очень важными задачами являются защищённое избыточ- ное хранение информации, поиск скрытых закономерностей в масси- вах данных, биометрическая идентификация и аутентификация, шиф- рование данных и др.

Например, при биометрической идентификации может осуществ- ляться преобразование совокупности экземпляров биометрических образов человека, позволяющее описать их стационарную и случай- ную составляющие (в виде математического ожидания и дисперсий контролируемых параметров или в виде параметров обученной сети искусственных нейронов). При преобразовании «биометрия-код» зара- нее обученная искусственная нейронная сеть осуществляет трансфор- мацию вектора входных биометрических параметров «свой» в код криптографического ключа или преобразует любой другой случайный вектор входных данных в случайный выходной код.

В качестве тестовой задачи для проверки инструментального сред- ства может быть выбрана, например, задача прогнозирования сетевой атаки или многомерного временного ряда, например, на основе ис- пользования многослойной НС.

***Оценку инструментальных средств*** удобно проводить, исходя из возможности использования различных нейросетевых структур, кри- териев оптимизации и алгоритмов обучения НС, а также простоты ис- пользования нейропакетов и наглядности представления информации. При тестировании разумно учитывать сферу применения, функционал использования ПО, для разработки нейросетевых систем, широту реа- лизуемых возможностей: создания, обучения НС, интерфейса; подго- товки обучающих выборок; целостности, конфиденциальности, до- ступности представляемой информации при создании, обучении НС; применения нейросетевых парадигм, критериев, алгоритмов обучения НС; создания пользовательских нейросетей, использования пользова- тельских критериев оптимизации и алгоритмов обучения НС; обмена данными между нейропакетом и приложениями операционной систе- мы; расширения нейропакета за счет своих программных модулей; генерации исходных кодов; возможности по интеграции с другим ПО.

Представляется, что вопрос о пригодности того или иного про- граммного средства для конкретной задачи защиты информации за- ключается также в наличии и/или превосходстве какой-либо функции (например, вида обучения, тестирования, переобучения или «дообуче-

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 11

ния» сети) или возможности задания определенных параметров (например, видов задаваемых сетей, их связей, количества входов, вы- ходов, весов связей, количества слоёв, число эпох обучения сети, и т.п.).

У исследователя может существовать необходимость в моделиро- вании только на одном виде нейронной сети – тогда ему достаточно использовать конкретный узкоспециализированный инструмент. Наоборот, в ситуации, когда нужно исследовать модель на различных нейронных сетях с различными параметрами требуется использовать универсальный программный комплекс.

1. **Специализированные инструментальные средства создания нейронных сетей**. Нейропакет ***SNNS (Stuttgart Neural Network Simulator)*** [25, 26] разработан в Институте параллельных и распреде- ленных высокопроизводительных систем (*IPVR*) Университета Штут- гарта (*University of Stuttgart*) и поддерживается университетом Тюбин- гена (*University of Tübingen*). Он изначально представлял собой про- граммный имитатор для нейронных сетей на рабочих станциях Unix. В данный момент доступны версии под *MS Windows*. Целью проекта *SNNS* является создание эффективной и гибкой среды моделирования для исследования и применения нейронных сетей. *SNNS* включает два основных компонента: эмулятор ядра, написанный на *C*, и графиче- ский интерфейс пользователя*.* Эмулятор ядра работает с внутренними сетями структур данных нейронных сетей и выполняет операции обу- чения и переобучения. Он может быть использован как программа на *C*, встроенная в пользовательские приложения. *SNNS* может расши- ряться с помощью определенных пользователем функций активации, выходных функций, функций сайта и процедур обучения, которые за- писываются в виде простых программ на *C* и связываются с эмулято- ром ядра.

Нейропакет ***JavaNNS: Java Neural Network Simulator*** [25], разрабо- танный в университете Тюбингена (*University of Tübingen*), является преемником *SNNS*. Он основан на собственном вычислительном ядре, обладает вновь разработанным графическим интерфейсом пользовате- ля на *Java*, который совместим с нейропакетом *SNNS* и позволяет уве- личить платформенную независимость.

Версии нейропакета ***Emergent*** (ранее ***PDP + +***) [26, 27] разрабаты- вались с 1995 года в Университете Карнеги-Меллона (Carnegie Mellon University), а с 2010 года – в университете Колорадо в Боулдере (University of Colorado at Boulder). *Emergent* применяется для модели- рования и предназначен в первую очередь для создания сложных мо-

12 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

делей мозга и имитации когнитивных процессов, но также может быть использован для решения любой задачи, применимой к теории нейронных сетей. *Emergent* имеет модульную конструкцию, основан- ную на принципах объектно-ориентированного программирования. Он функционирует на платформах *Microsoft Windows, Darwin / Mac OS X* и *Linux*. *Emergent* использует *C++*-подобный интерпретируемый язык сценариев *C-Super-Script*, который позволяет получить доступ практи- чески ко всем объектам моделирования.

Нейропакет ***Neural Lab***, реализованный Серджио Ладесма (*Sergio Ledesma)* из *University of Guanajuato* [26, 28], предоставляет визуаль- ную среду для разработки и тестирования искусственных нейронных сетей, интегрируется с *Microsoft Visual Studio,* с *C ++,* включает искус- ственные нейронные сети (ИНС) в пользовательские приложения, научно-исследовательское моделирование, интерфейсы конечных пользователей. *Neural Lab* выполняет проверку на наличие ошибок наборы данных, прежде чем использовать их для обучения, сохраняя значительное количество времени. Интерфейс активации позволяет тестировать ИНС в режиме реального времени, что делает возможным сравнить визуально фактический выход нейронной сети с желаемым.

Нейропакет ***NEURON***, разработанный в Йельском университете и университете Дьюка (США) [26, 29], представляет собой среду моде- лирования отдельных нейронов и сетей нейронов.

*NEURON* позволяет моделировать отдельные нейроны через ис- пользование секций, которые автоматически подразделяются про- граммой вместо их ручного создания пользователем. Основной язык сценариев, который используется для взаимодействия внешнего мира с *NEURON* свой собственный, но интерфейс Python также доступен при необходимости. Данные в программу записываются в интерактив- ном режиме или загружаются из файла. *NEURON* поддерживает распа- раллеливание по протоколу *MPI*, возможное с версии 7.0, через внут- ренние многопоточные процедуры для использования на компьютерах с несколькими ядрами. Свойства мембраны каналов нейрона модели- руются с использованием собранных механизмов, написанных с ис- пользованием языка *NMODL* или скомпилированных процедур, рабо- тающих с внутренними структурами данных, созданных с помощью инструмента *GUI* (*Channel Builder*).

*NEURON* наряду с аналогичной программной платформой *GENESIS* используется в качестве основы для обучения НС по всему миру.

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 13

Нейропакет ***GENESIS*** (*The GEneral NEural SImulation System* – *Об- щая нейронная система моделирования*), изначально был разработан в Калифорнийском технологическом институте (*CalTech*) [30]. Он явля- ется средой моделирования для построения реалистичных моделей нейробиологических систем разных уровней приближения, в том чис- ле субклеточных процессов, отдельных нейронов, сети нейронов и нейронных систем. Главной целью компьютерных реализаций моделей *GENESIS* является ответ на вопрос: «что известно об анатомическом строении и физиологических особенностях нейронной системы?». *GENESIS* предназначен для количественной оценки нейронной систе- мы таким образом, чтобы было легко понять физическую структуру нейрона. *GENESIS* позволяет распараллелить моделирование отдель- ных нейронов и сетей по принципу «multiple-instruction-multiple-data parallel computers» (множество команд - множество данных на парал- лельных компьютерах) [26].

Нейропакет ***NEST*** [31] в настоящее время развивается и поддержи- вается по инициативе *NEST*. *NEST* – это программное обеспечение для моделирования пиков моделей нейронных сетей.

Нейропакет ***Brian*** [32] является программой с открытым исходным кодом Python для разработки, моделирования сетей пиков нейронов.

Нейропакет ***XNBC*** [33] является инструментом моделирования биологических нейронных сетей с открытым кодом.

Существует *множество нейропакетов*, специально созданных для решения задач различных фирм-производителей [24, 34].

Нейропакет ***Braincel*** от *Promised Land Technologies Inc.* [12] пред- ставляет собой программную надстройку для табличной среды *MS Ex- cel*. Он позволяет реализовывать НС прямого распространения с од- ним-двумя скрытыми слоями. *Braincel* использует графические воз- можности табличного процессора *MS Excel* и алгоритм обучения *BackPercolation.* Он позволяет обрабатывать числовые и символьные данные. *Braincel* предоставляет возможности по определению значи- мости входов, выбору НС с лучшей структурой и использованию для прогноза одновременно нескольких НС.

Нейропакет ***Excel Neural Package*** от *НейрОК* [13] дополняет воз- можности *MS Excel*, по работе с нейросетевыми алгоритмами. Пакет состоит из 2-х компонент: 1. *Winnet,* предназначенный для поиска и моделирования скрытых зависимостей в данных, реализует функции многослойного персептрона, имеет дружественный графический ин- терфейс, визуальные средства контроля, обучения, предсказания НС, тестирования, остановку обучения при достижении различных крите-

14 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

риев 2. *Kohonen Map,* предназначенный для анализа и построения са- моорганизующихся карт Кохонена, решающих задачи кластеризации, визуализации. Пакет *Excel Neural Package* удобен при визуализации результатов в виде двумерной карты, но имеет ограниченный функци- онал.

Нейропакет ***Neural Planner*** от *Steve Wolstenholme* [15] – оболочка моделирования НС различной конфигурации в среде *MS Windows* ис- пользующая 2 алгоритма обучения НС с учителем: *On-Line Back Prop- agation,* и *Batch Back Propagation*. Нейропакет поддерживается, и сайт находится в актуальном состоянии. *Neural Planner* позволяет решать задачи классификации, обработки данных, некоторые математические задачи, создавать экспертные системы. Основными компонентами ПО являются: графический, и табличный редакторы [4]. В *Neural Planner* удобно создавать сложно топологические (например, рекуррентные) НС при ограниченном числе алгоритмов обучения.

Свободно распространяемый нейропакет ***NeuroPro***, созданный в Институте вычислительного моделирования *СО РАН* [16], предназна- чен для классификации, прогнозирования, извлечения знаний из дан- ных с помощью НС, в среде *MS Windows,*. Среда позволяет работать с данными в форматах: *Clipper, dBase, FoxBase, FoxPro, Paradox*; созда- вать слои НС, одновременно решать ряд задач прогнозирования.

Обучение НС производится с применением одного из нескольких методов оптимизации. Среда позволяет производить тестирование НС, вычисление, значимости входных сигналов НС, случайные изменения весов синапсов ФН, упрощения НС. Нейропакет русскоязычен, удобен в использовании, имеет возможности упрощения НС, выявления зна- чимых входов, но возможность сохранения результатов обученной НС недоработана.

Нейропакет ***Partek Discovery***, разработанный в *Partek, Inc.* [17], со- здан для нейросетевого анализа данных и моделирования НС. Компо- нент *Partek Discovery* обеспечивает визуальную среду и реализацию алгоритмов числового анализа кластеров данных, что полезно при сжатии многомерных данных для последующей визуализации, анализа или моделирования. Компоненты *Partek Discovery* позволяют прово- дить прогнозирующее моделирование определения оптимального набора переменных, например, использующий статистические методы, НС, генетические алгоритмы.

Нейропакет ***QwikNet32*** [18] предназначен для работы в среде *MS Windows*, реализует многослойную сеть прямого распространения (до 5 скрытых слоев, с набором из 6 модификаций алгоритма обратного

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 15

распространения ошибки). По умолчанию работает алгоритм *Online Backprop*, при котором веса и смещения НС корректируются после предъявления каждого вектора обучающей выборки.

*QwikNet32* компактен, удобен в использовании за счёт возможно- стей: графики, сохранения обученной НС на языке *С,* моделирования, обучения НС, ручного масштабирования. Авторская поддержка и ак- туальная версия не обнаружены.

Нейропакет ***STATISTICA Automated Neural Networks*** от *StatSoft*

1. является технологически развитым ПО для разработки нейросете- вых приложений, предназначенным для специалистов (предложен ши- рокий набор типов НС и алгоритмов обучения) и неподготовленных пользователей в области нейросетевых вычислений.

Нейропакеты ***THINKS*** и ***ThinksPro***, созданные в компании *Logical Designs Consulting Inc.* [20], являются комплексом инструментальных средств для разработки нейросетевых систем. Компонент *THINKS* – нейросетевая среда разработки приложений, заточенная как инстру- мент обучения, за счет наличия опций выбора нейросетевой архитек- туры и определения блока обработки, оператор может работать с но- выми сетевыми конфигурациями. *ThinksPro* – нейросетевая среда раз- работки для динамической визуализации в различных форматах значе- ний входов, состояний, весов, выходов.

1. **Многофункциональные программные комплексы с возмож- ностями создания нейронных сетей.** Используя данные, приведенные в [2 - 4, 10, 11, 35], рассмотрим ряд многофункциональных программ- ных комплексов, включающих возможности нейропакетов.

Нейропакет ***MATLAB Neural Network Toolbox*** от *MathWorks* [14] является компонентом пакета *MATLAB* и имеет модульную, открытую и расширяемую архитектуру, обеспечивающую поддержку для многих нейросетевых парадигм. Он включает многослойный персептрон с методом обратного распространения ошибки, рекуррентные сети, НС с соревновательными слоями и самоорганизующиеся карты *SOM*.

Среда *Neural Network Toolbox* имеет дружественный графический пользовательский интерфейс разработки, исследования и управления процессами в режимах обучения и работы НС. Проект поддерживается производителем, сайт актуален.

Система ***RapidMiner*** от *Rapid-I* [37] является системой интеллекту- ального анализа данных.

Перечислим базовые особенности *RapidMiner*:

* + открытый исходный код;

16 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

* + работает на всех основных платформах и операционных систе- мах;
  + многослойное представление данных;
  + используется графический режим;
  + простой механизм расширения;
  + возможность построения мощных, многомерных объектов;
  + доступно более 500 операторов для интеграции и преобразова- ния данных, интеллектуального анализа данных, оценки и визу- ализации;
  + автоматические схемы мета оптимизации;
  + возможность определения повторно используемых блоков;
  + стандартизированный *XML*-формат обмена для процессов;
  + библиотека методов интеллектуального анализа данных *WEKA*

полностью интегрирована;

* + доступ к источникам данных (*Excel, Access, Oracle, IBM DB2, Microsoft SQL Server, Sybase, Ingres, MySQL, Postgres, SPSS, DBase* и др.).

Пакет ***BrainMaker*** от *California Scientific Software* [21] является нейросетевым ПО, используемым для распознавания образов, меди- цинской диагностики, бизнеса и т.д.

*BrainMaker* предназначен для построения многослойных НС с ал- горитмом обучения *Back Propagation (*по алгоритму обратного распро- странения ошибки). Он включает программу *NetMaker (NM)* подготов- ки и анализа, преобразования исходных данных (из файлов табличных и текстовых форматов, например, *dBase, MS Excel*)*,* предназначенную для анализа данных, создания входных файлов для программы *Brain- Maker,* и саму программу построения, обучения, тестирования НС с набором утилит – *BrainMaker* (*BM)*. Программа способна обрабатывать выходные данные НС с последующим выводом статистики её обуче- ния, тестирования.

Назначение компонента *BrainMaker* варьируется от построения, обучения нейронной сети в различных режимах до модификации па- раметров НС, и обладает функциями оптимизации процесса обучения, реализации методов анализа выходных данных НС по критерию чув- ствительности к разнообразию входных данных, формирования отче- тов для оценки степени зависимости входных и выходных параметров, системой команд пакетного запуска, интерфейсом включения обучен- ных НС в пользовательские программы.

Возможности *BrainMaker*:

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 17

* + ввод количества, размера скрытых слоев (по умолчанию число ФН в скрытых слоях равно числу входов);
  + определение коэффициента скорости обучения (при разных сте- пенях обученности НС предусмотрены линейная или экспонен- циальная зависимости убывания коэффициента);
  + реализация динамического сокращения числа ошибок обучения (вначале нейронная сеть обучается с заданной точностью, затем, по выполнению условия адекватности выходов, допустимое значение ошибки умножается на понижающий множитель);
  + контроль зависания НС (визуальный контроль за распределени- ем весов НС, для скрытых и выходных слоев; хорошие способ- ности к обучению; опция автоматического уменьшения измене- ния весов, при критических значениях);
  + включение шумов в процесс обучения (умножение отдельных величин вектора на малую константу, сильно увеличивает спо- собность НС к обобщению);
  + привнесён элемент случайности в процессы связанные с обуче- нием (создание, обучение нескольких НС; ручная оптимизация модели НС).

Моделирования в *BrainMaker* производится вручную, приводя к значительным временным затратам при создании моделей средней сложности, что компенсируется множеством настроек алгоритма обу- чения, но, в связи с запутанностью интерфейса, при продолжительной работе оператор может ошибиться в последовательности операций.

Пакет ***NeuroShell 2*** от *Ward Systems Group Inc.* [39] представляет собой нейропакет, объединяющий известные нейросетевые архитекту- ры, графический интерфейс оператора, сложные утилиты и популяр- ные опции для управления нейросетевой экспериментальной средой. Пакет включает следующие компоненты: *NeuroShell Predictor*, *Neuro- Shell Classifier* и *NeuroShell Trader*.

Пакет ***NeuroSolutions*** от *NeuroDimension Inc*. [22] является ПО, объединяющим модульный графический сетевой интерфейс с выпол- нением процедур обучения, таких как *Back Propagation* и *Back Propa- gation with time*. Среда *NeuroSolutions* включает графический интер- фейс оператора, генератор исходных кодов *C*++, и содержит три глав- ных компонента: *Educator* – компонент педагога для изучения нейрон- ных сетей; *Users* – компонент оператора, расширяющий возможности *Educator* за счёт нейросетевых моделей распознавания образов; *Con- sultants* – компонент консультанта, дополнительно предлагающий мо-

18 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

дели динамического распознавания образов, предсказания временных рядов, управления производственными процессами.

*NeuroSolutions* предназначен для моделирования большого набора НС. Его достоинство – гибкость применения, так как помимо традици- онных нейросетевых парадигм (полносвязных и многослойных НС, самоорганизующихся карт Кохонена) нейропакет включает в себя ре- дактор визуального проектирования НС, позволяющий создавать то- пологии НС и алгоритмы их обучения, а также вводить собственные критерии обучения. *NeuroSolutions* имеет развитые средства визуали- зации, выводящие его на уровень систем автоматизированного проек- тирования, моделирования НС.

Пакет предназначен для работы под *MS Windows*. Помимо средств взаимодействия с операционной системой по технологии *OLE*, нейро- пакет снабжен генератором исходного кода, позволяет использовать внешние модули при создании, обучении НС. Пакет поддерживает программы, написанные на языке *C*++ для компиляторов *MS Visual C++ и Borland C++*, а также в виде кода *DLL*. *NeuroSolutions* является гибкой дополняемой, модифицируемой, открытой системой, содержа- щей встроенный макроязык, для настройки под задачу.

В пакете поддерживаются типы формальных нейронов, включая ФН первого порядка (взвешенный сумматор), ФН высших порядков (с перемножением входов), ФН непрерывный интегрирующий. Функция активации ФН может выбираться из пяти функций (3 сигмоидальных, кусочно-линейная, функция знака) и задаваться оператором. На этапе проектирования задаются связи (прямые, перекрестные, обратные) между ФН, которые могут быть изменены в процессе работы. Разумно реализована схема организации связей, в плане возможности задания одной лишь векторной связи, с заданной весовой матрицей, а не набо- ра связей с весовыми коэффициентами.

Пакет ***NeuralWorks Professional II/Plus*** от *NeuralWare, Inc.* [23] представляет собой инструментальное средство для моделирования НС, реализации десятков нейросетевых парадигм и большого количе- ства алгоритмов обучения. С помощью модуля *UDND (User Define Neural Dynamics)* можно создавать новые структуры нейросетей.

В *NeuralWorks Professional 2+* представлены возможности по визу- ализации данных: топологии НС, ошибок обучения, весов связей, их корреляции при обучении (особенность пакета, упрощающая анализ НС). Нейропакет имеет встроенный генератор кода, поддерживающий компилятор *MS Visual C+*+, и возможность интегрировать в него внешние программные компоненты.

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 19

Пакет ***Process Advisor*** от *AIWare Inc.* [4, 36] является нейропакетом, предназначенным для решения задач управления динамическими про- цессами (например, управления внешними аппаратными контроллера- ми, подключаемыми к PC). В нём реализована многослойная НС пря- мого распространения, обучаемая с помощью модификации алгоритма с обратным распространением ошибки, предусмотрена работа с вход- ными сигналами как с функциями времени.

По функциональным возможностям нейропакеты можно распреде- лить следующим образом: *MATLAB Neural Network Toolbox – 1,* RapidMiner – 2, NeuroSolutions – 3, NeuralWorks Professional II/ Plus – 4, NeuroShell 2 – 5, Process Advisor – 6, BrainMaker Pro – 7.

**Заключение.** В обзоре содержится анализ инструментальных средств создания средств интеллектуальной обработки информации, которые могут использоваться в нейросетевых компонентах защиты информации в информационно-телекоммуникационных системах.

Интеллектуальные средства на базе нейронных сетей в составе ги- бридных систем защиты позволяют использовать принципы *подобия биосистемам*, в частности адаптации и иммунной защиты для обеспе- чения реализации механизмов самоорганизации.

Приведенные характеристики нейропакетов и их сравнение с точки зрения простоты использования и спектра предоставляемых услуг для моделирования НС дают возможность из большого числа существую- щих инструментальных средств выбрать подходящее для решения конкретных практических задач защиты информации.

Анализ инструментальных средств показал, что каждое специали- зированное средство по своему уникально и способно решить задан- ную частную задачу, но такие средства, как *MATLAB* и *RapidMiner* имеют больший набор функций и возможности по технической под- держке [14, 37]. Отметим, что появляются новые интересные проекты и программы, подлежащие исследованию, в концепции которых зало- жен открытый исходный код. Это, например, программное средство *Sage* [24], распространяемое на условиях лицензии *GPL* и сочетающее функциональные возможности существующих пакетов с открытым кодом.

# Литература

1. *Горбань А. Н., Дунин-Барковский В. Л., Кирдин А. Н. и др.* Нейроинформатика *//*

Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1998. 296 С.

1. *Дюк. В., Самойленко А.* Data Mining: учебный курс (+ CD) // СПб: Питер, 2001. 368 C.
2. Искусственные иммунные системы и их применение. // Под ред. *Д. Дасгупты.*

Пер. с англ. под ред. *А.А. Романюхи*. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 344 С*.*

20 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

1. *Круглов В. В., Борисов В. В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика.- 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия - Телеком, 2002. 382 С.
2. *Котенко И.В., Шоров А.В., Нестерук Ф.Г.* Анализ биоинспирированных подходов для защиты компьютерных систем и сетей // Труды СПИИРАН. Вып.3 (18). СПб.: Наука, 2011. С.19–73.
3. *Нестерук Ф.Г, Суханов А. В, Нестерук Л. Г, Нестерук Г. Ф.* Адаптивные средства обеспечения безопасности информационных систем // Монография. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. 626 С.
4. *Нестерук Л. Г., Розов Е. С., Нестерук Г. Ф., Нестерук Т. Н.* Применение модели адаптивной защиты для оценки инвестиционных проектов систем информацион- ной безопасности // Известия вузов. Приборостроение. 2007. т. 46, № 5. С.40–46.
5. *Котенко И.В., Юсупов Р.М.* Перспективные направления исследований в области компьютерной безопасности // Защита информации. Инсайд, № 2, 2006. С.46–57.
6. *Michalewicz I.,* Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs // Springer- Verlag, 1992. 387 P.
7. *Hecht-Nielsen R.* Kolmogorov's Mapping Neural Network Existence Theorem // IEEE First Annual Int. Conf. on Neural Networks, San Diego, 1987. V. 3, P. 11–13
8. Котенко И.В. Интеллектуальные механизмы управления кибербезопасностью // Управление рисками и безопасностью. Труды Института системного анализа Рос- сийской академии наук (ИСА РАН). Т.41, Москва, URSS, 2009. С.74-103.
9. <http://www.patentgenius.com/patent/5241620.html>
10. [http://www.neurok.ru](http://www.neurok.ru/)
11. <http://www.mathworks.com/products/neuralnet/>
12. <http://www.easynn.com/>
13. <http://www.kinnet.ru/cterra/445/18040_2.html>
14. <http://www.partek.com/html/products/products.html>
15. <http://retro.icequake.net/numbers/www.seven7seven.com/f351-375.htm>
16. <http://www.statsoft.com/products/statistica-automated-neural-networks/>
17. <http://www.logicaldesigns.com/ThinksPro.htm>
18. <http://www.calsci.com/>
19. <http://www.nd.com/>
20. <http://www.neuralware.com/products_pro2.jsp>
21. <http://www.sagemath.org/>
22. <http://www.ra.cs.uni-tuebingen.de/SNNS/>
23. <http://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network_software>
24. <http://grey.colorado.edu/emergent/index.php/Main_Page>
25. <http://www.dicis.ugto.mx/profesores/sledesma/documentos/index.htm>
26. <http://www.neuron.yale.edu/neuron/>
27. <http://genesis-sim.org/>
28. http://www.nest-initiative.org/index.php/Software:About\_NEST
29. <http://briansimulator.org/>
30. <http://www.b3e.jussieu.fr/xnbc/>
31. <http://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network_software/>
32. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7>
33. <http://members.core.com/17/27/pegasustec/aipe.html>
34. <http://rapid-i.com/content/view/181/196/>(дата обращения 14.02.2013)
35. <http://bookos.org/book/803863>
36. [http://www.wardsystems.com](http://www.wardsystems.com/)

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 21

1. [Электронный ресурс. ФСТЭК России. ГОСТ Р 52633.0-2006] — Режим доступа — URL: <http://www.posoh.ru/auto_ident/metki/doc/52633.0-2006.doc>(дата обращения 05.04.2013)

**Котенко Игорь Витальевич** — д.т.н., проф.; заведующий лабораторией проблем ком- пьютерной безопасности, СПИИРАН. Область научных интересов: безопасность ком- пьютерных сетей, в том числе управление политиками безопасности, разграничение доступа, аутентификация, анализ защищенности, обнаружение компьютерных атак, межсетевые экраны, защита от вирусов и сетевых червей, анализ и верификация прото- колов безопасности и систем защиты информации, защита программного обеспечения от взлома и управление цифровыми правами, технологии моделирования и визуализации для противодействия кибер-терроризму, искусственный интеллект, в том числе много- агентные системы, мягкие и эволюционные вычисления, машинное обучение, извлече- ние знаний, анализ и объединение данных, интеллектуальные системы поддержки при- нятия решений, телекоммуникационные системы, в том числе поддержка принятия ре- шений и планирование для систем связи. Число научных публикаций — более 450. [ivkote@comsec.spb.ru,](mailto:ivkote@comsec.spb.ru) www.comsec.spb.ru; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д.39, Санкт- Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-2642, факс +7(812)328-4450.

**Kotenko Igor Vitalievich** — Prof. of Computer Science; head of Laboratory of Computer Security Problems, SPIIRAS. Research interests: computer network security, including security policy management, access control, authentication, network security analysis, intrusion detec- tion, firewalls, deception systems, malware protection, verification of security systems, digital right management, modeling, simulation and visualization technologies for counteraction to cyber terrorism, artificial intelligence, including multi-agent frameworks and systems, agent- based modeling and simulation, soft and evolutionary computing, machine learning, data min- ing, data and information fusion, telecommunications, including decision making and planning for telecommunication systems. The number of publications — 450. [ivkote@comsec.spb.ru,](mailto:ivkote@comsec.spb.ru) www.comsec.spb.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812) 328-2642, fax +7(812)328-4450.

**Нестерук Филипп Геннадьевич** — старший научный сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности СПИИРАН. Область научных интересов: адаптивные си- стемы защиты информации, интеллектуальный анализ данных, нейронные сети, нечет- кая логика, экспертные системы, генетические алгоритмы, искусственный интеллект, извлечение знаний, комплексные системы защиты информации. Число научных публи- каций — более 100. [08p@mail.ru,](mailto:08p@mail.ru) www.comsec.spb.ru; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д.39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-2642, факс +7(812)328-4450.

**Nesteruk Filipp Gennadyevich** — PhD. of Computer Science, Senior researcher of Labora- tory of Computer Security Problems, SPIIRAS. Research interests: adaptive systems of infor- mation security, data mining, neural networks, fuzzy logic, expert systems, genetic algorithms, artificial intelligence, knowledge extraction, complex systems of information security. The number of publications — over 100. [08p@mail.ru,](mailto:08p@mail.ru) www.comsec.spb.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812) 328-2642, fax +7(812)328-

4450.

**Поддержка исследований.** Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ

(проект 13-01-00843-а), программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект

№ 2.2), Министерства образования и науки Российской Федерации (государственный

22 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

контракт 11.519.11.4008), Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт- Петербурга, при частичной финансовой поддержке, осуществляемой в рамках проектов Евросоюза SecFutur и MASSIF, а также в рамках других проектов.

Рекомендовано СПИИРАН, лабораторией проблем компьютерной безопасности, заве- дующий лабораторией Котенко И.В., д-р техн. наук, проф., отделом проблем информа- ционной безопасности, заведующий лабораторией Молдовян А.А., д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией криптологии Молдовян Н.А., д-р техн. наук, проф.

Статья поступила в редакцию 01.03.2013.

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 23

# РЕФЕРАТ

*Нестерук Ф.Г., Котенко И.В.* **Инструментальные средства создания нейросетевых компонент интеллектуальных систем защиты ин- формации.**

На рынке нейросетевых инструментальных средств создания интеллек- туальных систем представлено большое количество различных программ- ных средств, что объясняется сложностью и многоплановостью задач ин- теллектуальной обработки информации в различных сферах деятельности, в том числе для защиты информации в информационно- телекоммуникационных системах.

Актуальность проблемы выбора подходящих под решаемую задачу нейросетевых инструментальных средств в области защиты информации обусловлена большим разнообразием представляемых ими функций, воз- можностей настройки, характеристик и свойств, динамикой их развития, распределенной и разнородной структурой систем защиты и множеством других факторов.

В работе предлагается обзор инструментальных средств, применимых для создания нейросетевых компонент интеллектуальных систем защиты информации.

Отмечено несколько динамично развивающихся программных средств, содержащих наиболее широкий спектр возможностей, в достаточной мере отвечающих потребностям различных пользователей, в том числе, для целей моделирования и анализа нейросетевых компонент защиты инфор- мации в информационно-телекоммуникационных системах

24 Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)

# SUMMARY

*Nesteruk F.G., Kotenko I.V.* **Tools for development of neural components of intelligent security systems.**

A large number of different software tools exists in the market of neural tools for development of intelligent systems. This fact can be explained by complexity and multilateral character of intelligent information processing in various fields of activity, including for the protection of information in infor- mation and telecommunication systems.

The relevance of selecting suitable neural tools in the field of information security is stipulated by a great variety of their functions, customization options, characteristics and properties, dynamics of their development, distributed and heterogeneous structure of security systems and many other factors.

The paper provides an overview of tools that are applicable for development of neural components of intelligent security systems.

There are several dynamically developing software tools, containing the widest range of possibilities, which sufficiently meet to the needs of different users, including to the aims of simulation and analysis of neural components for information security in information and telecommunication systems.

Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3(26). ISSN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн) 25