

## Лекция № 9

**Тема:** Информационные ресурсы и моделирование

**Цель:** сформировать знания о информационных ресурсах, объяснить сущность процесса моделирования на основе применения нейросетей и систем с нечеткой логикой.

1. Информационные модели
2. Моделирование на основе применения нейросетей и систем с нечеткой логикой
3. Нейрокомпьютерные сети и средства нечеткой логики

Совокупность определенных данных или знаний можно отнести к информационным ресурсам. Технологии, программы, экспертные системы и т. п. составляют **информационные продукты**, которые разрабатываются или составляются для целенаправленной обработки информационных ресурсов и получения определенных выводов или знаний. В настоящее время существует огромное количество программных продуктов, предназначенных для различных целей, к ним относятся электронные таблицы, системы управления базами данных, программы компьютерной графики, ГИСы, редакционно-издательские системы и др.

Основу большинства методов обработки в информационных системах составляют **информационные модели**, которые служат для формализованного представления данных. В рамках таких моделей также выявляются различные взаимосвязи между исследуемыми параметрами. Модели могут содержать несколько уровней описания, которые связаны с методами обработки информации [33].

Переход от совокупности разрозненных данных к совокупности взаимосвязанных моделей может быть охарактеризован как переход от информации **к информационным ресурсам**. Ресурсность информационных моделей означает возможность накапливать новую информацию, улучшать их качество и расширять возможности применения.

В настоящее время выделяют три основных класса информационных моделей: **информационно-описательные, информационно-ресурсные, интеллектуальные.**

**Информационно-описательные модели** используются при описании каких-либо процессов, явлений, объектов и т. п. Это может быть речевой или текстовый документ, файл и т. д. Данные здесь хранятся в виде независимых самостоятельных банков. Обычно такие модели применяются в неавтоматизированных технологиях.

**Информационно-ресурсные модели** основаны на возможности пополнения или изменения данных с целью улучшения и оптимизации; к ним относятся, например, базы данных. Эти модели предполагают технологические возможности упорядочивания, анализа и обновления поступающих и хранящихся данных.

Обработка данных экологического мониторинга обычно производится с использованием специальных пакетов программ для статистического анализа, которых в настоящее время создано очень много. Однако существует несколько программ, пользующихся наибольшей популярностью. Это, прежде всего, пакеты базовой *статистики*, в которых используются простые классические методы анализа — расчеты средних значений, *t*—тесты, однофакторный дисперсионный анализ и др. Они ориентированы на пользователей, которые не являются специалистами в вопросах математики и статистики. Углубленный статистический анализ, основан на приемах математической статистики, например, SAS, Systat, StatgraphicsNAp). Они включают методы анализа временных рядов, факторного и регрессионного анализа, позволяют визуализировать результаты в виде гистограмм, графических изображений, а также программировать некоторые новые статистические процедуры.

При необходимости уточнить цель исследования, выбрать метод обработки данных, подобрать подходящую математическую модель для интерпретации полученных результатов и т. п. используются *проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ*. Обычно они комплектуются в специальные экспертные системы и предназначаются для использования в конкретной области знаний. Часто экспертные системы создаются на стыке какой-либо области знаний о природе с соответствующим разделом прикладной математики, поэтому они носят индивидуальный характер, отражающий специфику разрабатываемой проблемы.

В настоящее время популярным программным продуктом является пакет Excel фирмы Microsoft, широко использующейся при анализе экологической информации.

Программа представлена в виде электронных таблиц, где возможен автоматический ввод данных, обработка которых предусматривает как арифметические действия, так и возможность операций с комплексными числами и матрицами, проведение регрессионного анализа, преобразований Фурье и др. Результаты могут представляться в различных графических вариантах; предусмотрено отображение данных на числовых картах в формате ГИС MapInfo. Результаты обработки могут быть распечатаны либо экспортированы в другие пакеты.

*Интеллектуальные модели* относят к классу «активных», поскольку они характеризуются не только способностью к накоплению информации, но и могут «самосовершенствоваться», т. е. имеют механизм накопления знаний для активных действий без соответствующих запросов независимо от создателя самой модели. К ним относят некоторые типы компьютерных вирусов, базы знаний и др.

Через ряд преобразований информационно-описательная модель может быть трансформирована в информационно-ресурсную, т. е.

возможно преобразовать описания наборов данных в систему связанных данных [33].

### **Моделирование на основе применения нейросетей и систем с нечеткой логикой**

Часто научное прогнозирование поведения природных систем достаточно сложно (или вообще невозможно) провести на основе стандартных и классических методов математического моделирования. Причиной этого является многофакторность проблемы, зависимость ее от множества взаимовлияющих событий и процессов, происходящих одновременно или последовательно, но не всегда в ясной и определенной (или хотя бы в прослеживаемой на уровне тенденций) причинно-следственной связи. Такое прогнозирование практически не допускает универсального подхода, а требует каждый раз детального и конкретного анализа (порой трудоемкого и громоздкого). При этом развитие ситуации в целом должно представляться как непрерывный процесс, а не как статический набор фактов и событий. С математической точки зрения речь идет о трудно формализуемых задачах, в которых изначально не могут быть корректно учтены даже основные и принципиальные факторы, влияющие на развитие ситуации, на которых должен, по сути, основываться научный прогноз.

Но даже в случае решения задачи в рамках рассматриваемой модели исследователь часто обречен на получение весьма скромного результата, поскольку неизбежно основывается на существенно примитивизированной схеме, что является по сути неустранимым принципиальным недостатком подхода на основе классического моделирования. Это приводит к ограниченности и малой эффективности прогнозов, получаемых при исследовании, с самого начала не учитывающем многие важные факторы развития события. Поэтому полученные результаты приходится обязательно «улучшать», чтобы приблизиться к реальной ситуации, но часто это делается весьма некорректным и формальным способом при обращении к опытным фактам, не заложенным изначально в анализ при постановке задачи. В итоге такой коррекции получаемые выводы могут существенно отличаться от прогнозируемых по используемой модели и сама данная процедура анализа и нахождения оптимального решения (достаточно трудоемкая и сложная) в определенном плане теряет смысл.

Разрешение этого фундаментального противоречия требует принципиально другого подхода к проблеме прогнозирования, основывающегося на других принципах, — методах прогнозируемой математики и современных компьютерных *нейросетей и архитектур с нечеткой логикой*. Этот подход лежит в основе функционирования систем искусственного интеллекта, обучаемых на опытных фактах и оперирующих на принципах интуитивного (ситуационного) мышления. Он позволяет осуществлять конкретный прогноз даже в отсутствие заранее известных

функциональных связей и зависимостей между различными факторами, без знания алгоритмов и управляющих параметров поведения сложной системы. Таким образом, это не требует составления и решения определенных уравнений, связывающих многочисленные параметры изучаемого явления. Именно на этих принципах основана работа мозга человека — наиболее совершенной нейросети, созданной самой природой.

**Нейрокомпьютерные сети и средства нечеткой логики.** С интенсивным развитием теории искусственного интеллекта стало возможным решение отдельных нечетких системных задач. Работы по искусственному интеллекту направлены на то, чтобы создать устройства (программу, аппарат), действующие так же, как человеческий мозг. Такие устройства принято называть *нейросистемами* или *нейросетями*.

Процесс обучения нейросистемы для ее дальнейшего использования в прогнозировании проводится с помощью тренировки по многократным испытаниям. После этого важного этапа работа с системой значительно упрощается. Процедура обучения должна быть достаточно эффективной для прогнозирования периодически повторяемых природных явлений, например, паводков, когда имеется достаточная статистика для прогнозирования на основе данных, фиксируемых различными государственными службами (Гидромет, Комитет по охране природы и др.) в течение многих лет в конкретных регионах.

Развитие нейрокомпьютерных сетей интенсивно началось с 90-х гг. прошлого века. Тогда был разработан нейросетевой пакет Brain-Maker фирмы CSS. В настоящее время в этом направлении проведено много новых разработок.

Назначение пакета таких программных продуктов — решение задач, для которых пока не найдены формальные методы и алгоритмы, а входные данные неполны, «зашумлены» и противоречивы. К таким задачам относятся предсказания, моделирование природных и техногенных кризисных ситуаций, распознавание образов и многие другие.

При решении поставленных задач используется математический аппарат теории нейронных сетей. При этом в оперативной памяти строится модель многослойной нейронной сети, которая обладает свойством обучаться на множестве примеров, оптимизируя свою внутреннюю структуру. При обучении сети на достаточно большом количестве примеров можно добиться очень высокой достоверности.

Принцип работы нейронной сети. Нейронная сеть образуется путем объединения выходов нейронов с входами. При этом граф межнейронных соединений может быть ациклическим либо произвольным циклическим. Вид графа служит одним из классификационных признаков типа нейронной сети.

Нейронная сеть способна по части определить целый объект. Если не известна точная зависимость, но известно, что она существует, нейронная

сеть способна найти взаимосвязь. В отличие от программ, базирующихся на правилах типа «если А, то делай Б», нейронная сеть может экстраполировать результат.

Еще одно преимущество перед программами, базирующимися на «правилах», состоит в том, что учет новых фактов заключается в переобучении сети с их участием, а не в переделывании правил программы и ее переписывании.

Обучение сети осуществляется путем предъявления примеров, состоящих из наборов входных данных в совокупности с соответствующими результатами при наблюдаемом обучении. Эффективность решения задач зависит от выбранной структуры нейронной сети, используемого алгоритма обучения и полноты имеющейся базы данных примеров.

При обучении сигнал ошибки распространяется обратно по сети. Производится коррекция входов нейронов, предотвращающая повторное появление этой ошибки. В одноуровневых сетях коррекция выполняется относительно просто. В многоуровневых сетях коррекция внутренних уровней представляет достаточно сложную процедуру. Для сетей обратного распространения существует регулярная процедура их обучения.

В результате обучения в многомерном пространстве, каждое измерение которого составляет диапазон изменения значений одного из входов сети, а размерность пространства равна числу входов сети, формируются области, соответствующие одинаковым значениям выхода.

В ходе функционирования сеть относит предъявленный на ее ходы набор значений к той или иной области, что и является искомым результатом.

Интеллектуальные программы и модели используются также и при обработке данных дистанционного зондирования. Так, нейросетевая технология Scan Ex Ne RIS GIS базируется на системе, созданной для интегральной обработки имеющейся в ГИС пространственной информации и представлением результатов в виде картографических произведений. При этом в базы данных может аккумулироваться информации различного вида: векторная, растровая, табличная и т. п., которая интегрируется и унифицируется.

Пользователь имеет возможность построить собственную экспертную систему, устанавливая различные взаимосвязи между объектами и процессами. Обучение нейронной сети может позволить выявить несколько вариантов развития исследуемого события. Конечно, это очень продуктивная технология, особенно при выявлении и оценке различных техногенных и экологических рисков и управления ими.

В последнее время появились программно-аппаратные средства, основанные на практических результатах в еще одной математической области — *нечеткой логике*.

Используя многозначные вероятностные отношения меры, принадлежности и т. д. взамен традиционного математического аппарата бинарной логики, нечеткая логика позволяет решать широкий класс задач, не поддающихся формализации.

Одним из самых простых, недорогих и широко применяемых является программное обеспечение FuziCalc, основанное на применении средств нечеткой логики. Это электронная таблица, в полях которой, кроме данных и формул, можно записать предположение, представленное простыми вероятностными графиками. Если некоторую систему можно с необходимой точностью описать такой электронной таблицей, то в дальнейшем таблицу можно быстро и просто использовать для достаточно точного вероятностного прогнозирования и моделирования.

Информационное моделирование. Природные объекты и процессы обычно отличаются сложностью функционирования, заключающейся в многообразии и неоднозначности различных связей. Не случайно в экологических исследованиях предметом изучения являются экосистемы, биогеоценозы, геосистемы, внутри которых происходят биотические и небиотические взаимодействия. И здесь информационное моделирование является наиболее конструктивной и продуктивной научной технологией для познания природных процессов, происходящих в окружающем мире.

Информационные модели создаются для формализованного представления об элементах объекта или системы с целью выявления их соотношения, взаимодействия факторов, обуславливающих функционирование системы. Технология информационного моделирования направлена на создание, интерпретацию и прогнозирование развития изучаемого объекта или явления при изменении каких-либо параметров [54, 67, 68].

Такой метод получил название «системный подход». При системном анализе определяются наиболее общие части структуры — элементы. Дальнейшая детализация таких элементов производится уже в рамках *структурного анализа*. При этом структура объекта моделирования представляется в виде совокупности различных функций. Таким образом, происходит преобразование информационной модели с качественного абстрагированного уровня на количественный, поскольку структурный анализ осуществляется с реальными данными в единой системе.

Развитие современного информационного моделирования происходит в направлении качественного перехода от информационных описательных моделей к ресурсным и от ресурсных к интеллектуальным, и в этом видится его роль как связующего звена между информационным и интеллектуальным обществом будущего.

#### **Вопросы:**

1. Каковы особенности информационно-описательных и информационно-ресурсных моделей?

2. Как осуществляется моделирование на основе ней-росетей?
3. В чем заключается суть системного анализа и информационного моделирования?
4. Нейрокомпьютерные сети и средства нечеткой логики.

#### **Литература:**

1. Трифонова Т. А., Мищенко Н. В., Краснощёков А. Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях. — Академический Проект, 2005. — 352 с.
2. Краснощёков А.Н., Трифонова Т.А., Мищенко Н.В. Геоинформационные системы в экологии: Учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. Владимир, 2004. – 152с.
3. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О.С. Токарева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 148 с.
4. А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения. Пермь, 2020. – 191 б. ([http://www.psu.ru/files/docs/science/book\\_s/uchebnie\\_posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchukpermi nova - tematicheskoe-de shifrovani e -i -i nte r p r e t a c i y a -kosmicheskikh-snimkov.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/book_s/uchebnie_posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchukpermi nova - tematicheskoe-de shifrovani e -i -i nte r p r e t a c i y a -kosmicheskikh-snimkov.pdf).)
5. Савиных В.П., Малинников, В.А., Сладкопечев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. – М.:, Изд-во Моск. гос. ун-та геодезии и картографии', 2000. – 224 с.