

# МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В. Ю. Осипов (Санкт-Петербург)

## Введение

Среди множества актуальных научных проблем, связанных с моделированием морских транспортных систем, важное место занимает создание интеллектуальных геоинформационных систем (ГИС) [1, 2].

Достигнутый в настоящее время уровень свидетельствует, что пока не удалось наделить морские геоинформационные системы широкими интеллектуальными возможностями.

Имеемые результаты в рамках программно-прагматического подхода к построению морских интеллектуальных ГИС существенно повысили эффективность решения многих творческих задач. Однако все эти решения носят узкоспециализированный характер и требуют существенных затрат на разработку и сопровождение соответствующего программного обеспечения.

Известны интеллектуальные ГИС на основе экспертных систем, позволяющие распознавать ряд сложных пространственно соотнесенных ситуаций, прогнозировать отдельные события, оценивать их опасность, выдавать рекомендации пользователям и решать другие задачи. К этим ГИС относятся интеллектуальные логические и аналитические системы, а также ГИС, включающие в свой состав интеллектуальные подсистемы визуального моделирования пространственных процессов. Последние ГИС находят широкое применение при необходимости проигрывания сценариев возможных действий различных надводных, подводных, наземных, воздушных объектов и оценки их последствий.

К сожалению, все эти ГИС обладают не достаточной гибкостью к перестройке своей структуры в зависимости от внешних условий. Они требуют постоянного сопровождения со стороны экспертов и программистов, обладают низким уровнем самообучения. Интеллектуальные возможности этих систем ограничены наборами заранее заданных и запрограммированных правил.

Активно развиваемое бионическое направление создания морских интеллектуальных ГИС, связанное с воспроизведением структур и процессов, характерных человеческому мозгу и использование их для решения геоинформационных задач, пока также не дало желаемых результатов.

Известны нейронные сети [3–5], входящие в состав интеллектуальных ГИС, применяемые для ассоциативного запоминания информации, нелинейного прогнозирования и моделирования, обработки информации об объектах и процессах. Среди них нейронные сети прямого распространения, рекуррентные структуры, самоорганизующиеся карты Кохонена и другие.

К недостаткам этих сетей относятся существенно ограниченные возможности по обработке различных видов сигналов, их распознаванию, запоминанию, извлечению из памяти сети. Имеет место быстрое размывание структур сигналов в сетях. Эти сети не позволяют в полной мере реализовать искусственное мышление и обеспечить решение одной и той же сетью различных интеллектуальных задач.

Не смотря на это, именно на бионическое направление сейчас возлагают большие надежды в части создания морских интеллектуальных ГИС. Основные достоинства этого направления, определяющие его перспективность, – это большой скрытый потенциал нейронных сетей, высокий параллелизм обработки информации, а также возмож-

ность замены дорогостоящей разработки программного обеспечения для ГИС их прямым обучением, включая самообучение.

Нужны морские ГИС, наделенные свойствами восприятия окружающей действительности, искусственного мышления, осознанного поведения и взаимодействия с внешним миром.

Рассматривается новый подход к построению морских ГИС на основе ассоциативных интеллектуальных машин [6, 7], позволяющий расширить их функциональные возможности.

#### **Постановка задачи**

Имеется некоторая традиционная морская ГИС, включающая в свой состав базу соответствующих пространственно-соотнесенных данных, графический пользовательский интерфейс и ГИС инструменты. В интересах расширения возможностей в эту ГИС планируется включить специальную ассоциативную интеллектуальную машину (АИМ).

Эта машина должна

- дополнять слои электронной карты недостающей информацией о морских транспортных системах;
- распознавать геоинформационные объекты и ситуации, определять их важность, опасность;
- прогнозировать развитие событий на море и в портах на электронных картах;
- выдавать рекомендации по действиям в сложившихся условиях;
- восстанавливать предшествующие события;
- взаимодействовать с внешними источниками информации;
- управлять настройками ГИС и решать другие задачи.

Необходимо определить структуру такой ассоциативной интеллектуальной ГИС и самой АИМ в интересах моделирования морских транспортных систем.

#### **Структура перспективной морской ГИС**

Обобщенная структура предлагаемой ГИС приведена на рис. 1, где ДИ – датчики информации; ИС – исполнительные средства. Особенность ассоциативной интеллектуальной машины в составе ГИС в том, что между ее входами и выходами могут быть установлены однозначные соответствия. В качестве нейронной сети машины выступает рекуррентная сеть с обратными связями, замыкающими двухслойные контура с временем задержки единичных образов меньше времени невосприимчивости нейронов после их возбуждения. Структура ее приведена на рис. 2. В этой сети осуществляются управляемые сдвиги совокупностей единичных образов вдоль слоев, в зависимости от их состояний, и обеспечивается приоритетность коротких связей между нейронами.

Полагается, что датчики реализуют функции биологических клеток – рецепторов и первичных нейронов, входящих в рецепторную систему. В общем случае датчики воспринимают информацию, как о состоянии внешнего мира, ГИС и самой АИМ.

Для решения задач, поставленных перед АИМ, помимо успешного прямого и обратного преобразования сигналов в ней, ее нейронная сеть должна иметь соответствующую логическую структуру слоев.

Продольные сдвиги в нейронной сети АИМ ГИС предлагается реализовывать только в случаях, когда между взаимодействующими нейронами при передаче совокупностей единичных образов по коротким связям возникают конфликты. Нейроны сети могут находиться в состояниях ожидания возбуждения, возбуждения и невосприимчивости. За счет постоянных по величине сдвигов совокупностей единичных образов каждый слой сети логически разбивается на одинаковые поля. Информация в сеть вводится через первое поле входного - выходного слоя, а снимается с выходного поля. При этом вводимые в сеть последовательные совокупности единичных образов за счет сдвигов приводятся в ней к од-

ному моменту времени и ассоциируют друг друга. Несмотря на сдвиги совокупностей единичных образов вдоль слоев, в такой сети за счет приоритетности коротких связей устанавливается однозначное соответствие между ее входами и выходами. Входные и последующие поля слоев сети можно рассматривать как состояния некоторой электронной карты на текущие моменты времени с привязкой к географическим координатам. Входные сигналы в виде последовательных совокупностей единичных образов подаются на первое поле первого слоя, продвигаются по сети в указанных направлениях, ассоциируются друг с другом. При этом входные последовательные совокупности единичных образов преобразуются в параллельные, а снимаются с сети после ассоциаций снова как последовательные. Имеет место логическая структура в виде бегущей строки (рис. 3). Вид сверху на первый слой такой сети показан на рис. 4.

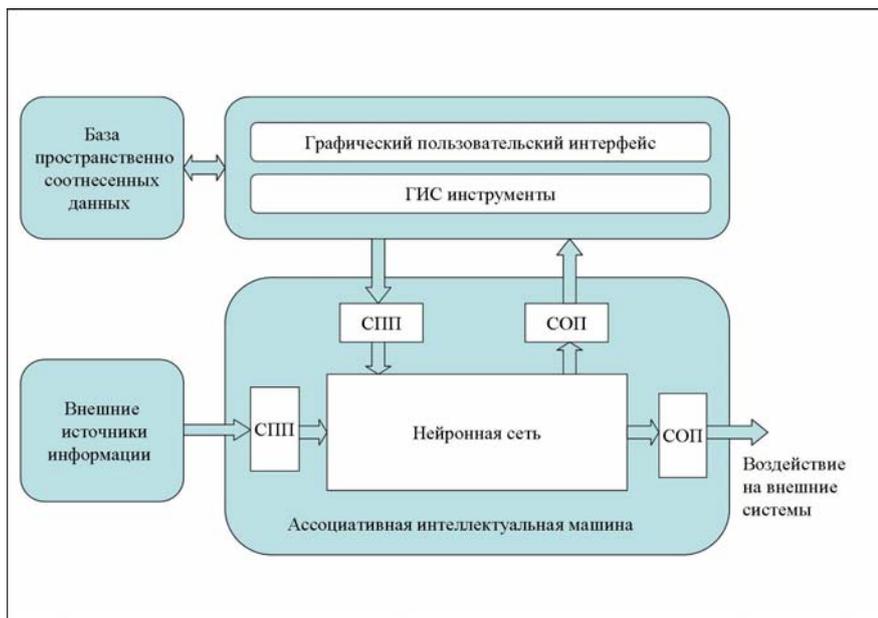


Рис. 1. Обобщенная структура ассоциативной интеллектуальной ГИС

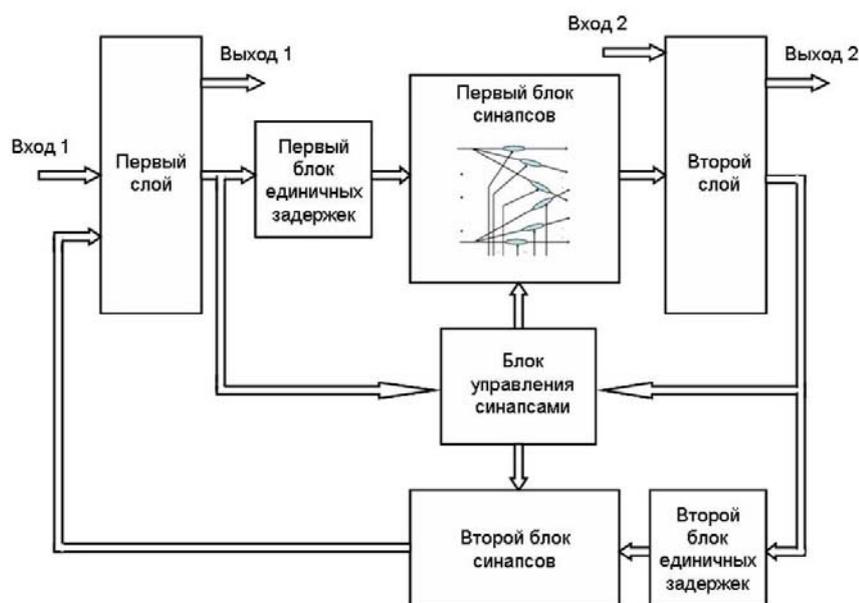


Рис. 2. Структура нейронной сети

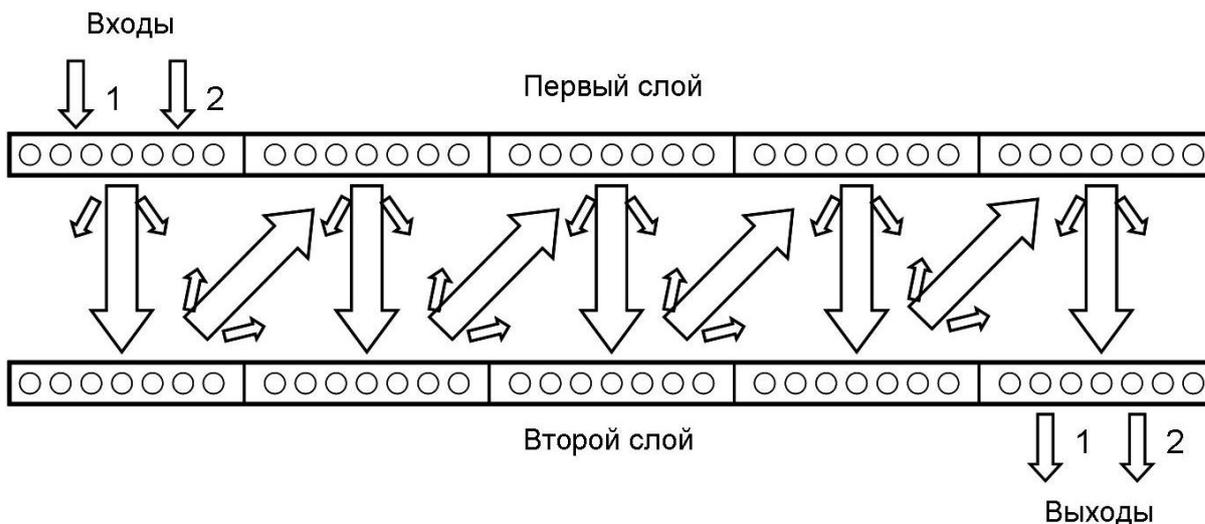


Рис. 3. Логическая структура двухслойной рекуррентной сети в виде бегущей строки

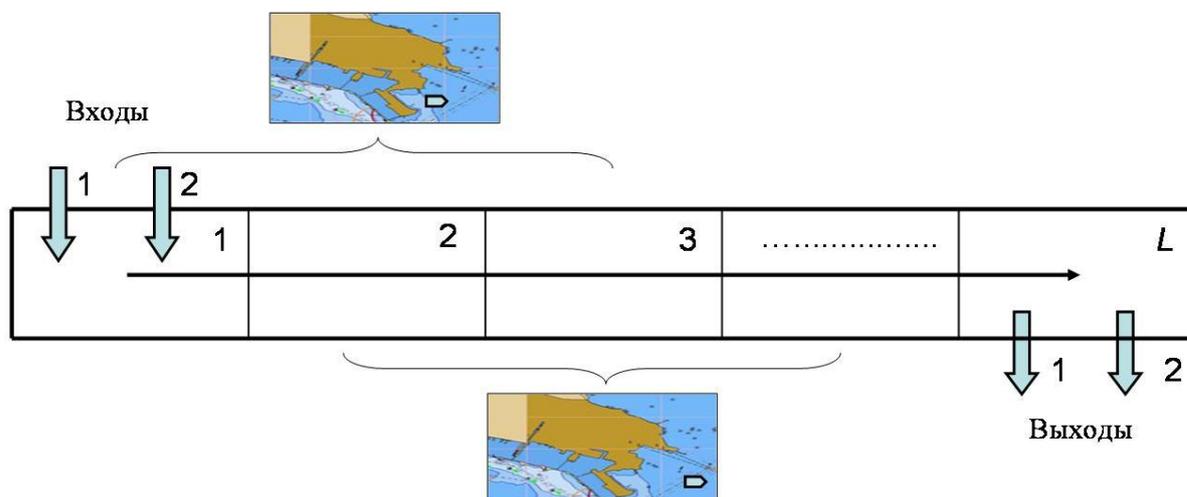


Рис. 4. Вид сверху на первый слой

Для одновременной обработки информации об  $t$  последовательных цветных кадрах используемая нейронная сеть должна иметь не менее  $L = n \times t$  полей, где  $n$  – минимальное число полей, несущих информацию об одном кадре заданного качества. Заметим, что в общем случае одни и те же поля нейронной сети несут информацию о различных кадрах.

К наиболее перспективным рекуррентным нейронным сетям в составе интеллектуальных ГИС следует отнести сети не с линейными, а со спиральными структурами.

**Результаты моделирования.** Моделировалась одновременная обработка пространственно-временных и временных процессов в такой ГИС.

Установлено, что предлагаемый подход к построению ассоциативных интеллектуальных ГИС, как средств моделирования морских транспортных систем, позволяет успешно осуществлять интеграцию разнородной динамической информации, более полно ассоциировать текущие и запомненные события, прогнозировать их развитие с отображением результатов в исходном виде, выявлять скрытые закономерности. За счет внедрения в состав морских ГИС ассоциативных интеллектуальных машин достигнимо существенное расширение их функциональных возможностей. Подход не требу-

ет постоянного совершенствования программного обеспечения ГИС, так как базируется на самообучении.

### Литература

1. **Paliulionis V.** Integration of GIS and expert systems. Databases and information systems. Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA, 2001.
2. **Popovich V., Claramunt C., Osipov V., Wang T., Ray C., Berbenev D.** Integration of Vessel Traffic Control Systems and Geographical Information Systems. REAL CORP 2009. Proceedings. ISBN: 978-3-9502139-7-3. 25-25 April 2009.
3. **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1103 с.
4. **Kohonen T.** Self-Organizing Maps, 3<sup>rd</sup> ed. Information Sciences. Berlin Heidelberg, Springer 2001.
5. **Villmann T., Merenyi E., Hammer B.** Neural maps in remote sensing image analysis / Neural Networks 16 (2003) 389 – 403.
6. **Осипов В.Ю.** Ассоциативная интеллектуальная машина / Информационные технологии и вычислительные системы. №2, 2010.
7. **Осипов В.Ю.** Прямое и обратное преобразование сигналов в ассоциативных интеллектуальных машинах / Мехатроника, автоматизация, управление. №7, 2010.