

**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 заложенных 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.

Несмотря 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 возможность 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 контуры с временем задержки единичных образов, меньшим 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.

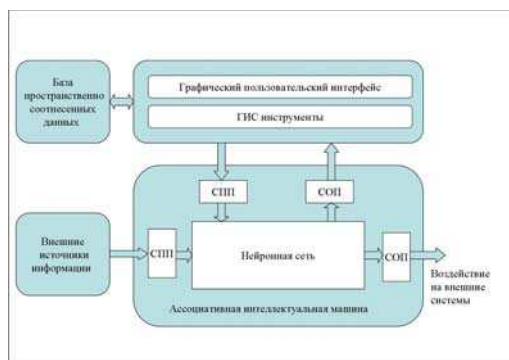


Рис. 1. Обобщенная структура ассоциативной интеллектуальной ГИС

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.

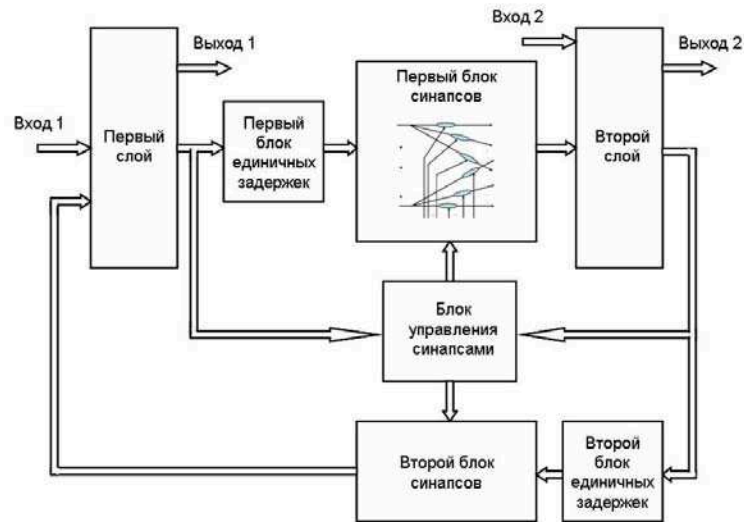


Рис. 2. Структура нейронной сети

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 одному 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. Входное 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.

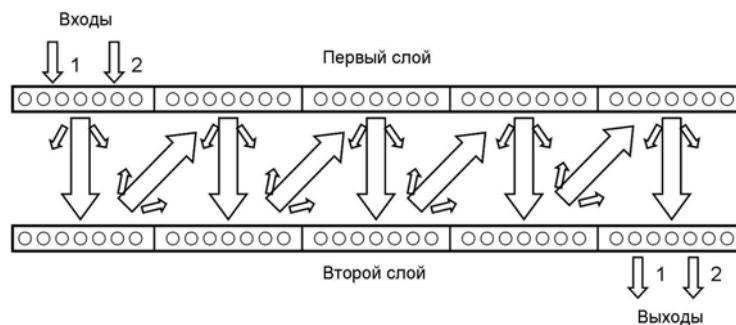


Рис. 3. Логическая структура двухслойной рекуррентной сети в виде бегущей строки

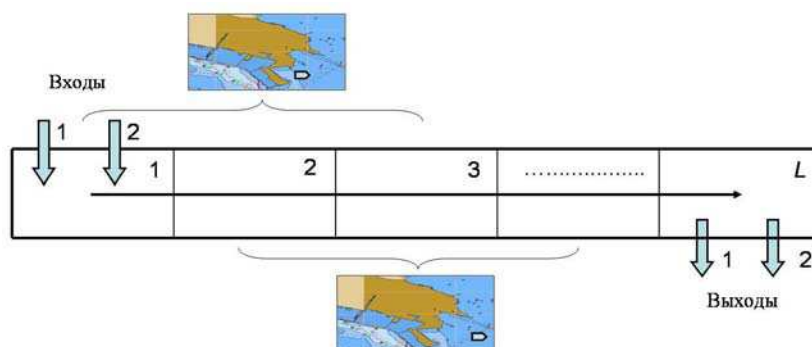


Рис. 4. Вид сверху на первый слой

Для одновременной обработки информации об  $m$  последовательных цветных кадрах используемая нейронная сеть должна иметь не менее  $L = n \times m$  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 достигнуто существенное расширение их функциональных возможностей. Подход не требует 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. 2010. №2.
7. **Осипов В. Ю.** Прямое и обратное преобразование сигналов в ассоциативных интеллектуальных машинах // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. №7.