

ЖИВУЧЕСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, СОЗДАНЫХ НА БАЗЕ РЕЦЕПТОРНО-ЭФФЕКТОРНЫХ НЕЙРОПОДОБНЫХ РАСТУЩИХ СЕТЕЙ

***Анотація.** У статті розглянуті питання надійності розпізнавання образів і живучості систем штучного інтелекту, розроблених на базі рецепторно-ефекторних нейроподібних зростаючих мереж. Нейроподібні зростаючі структури працюють з високою надійністю і забезпечують живучість інтелектуальних систем. Експерименти, проведені на моделях інтелектуальних систем, показують, що вихід з ладу великої кількості елементів нейроподібної мережі не приводить до відмов у роботі всієї системи.*

***Ключові слова:** живучість, надійність, розпізнавання образів, рецепторно-ефекторні нейроподібні зростаючі мережі.*

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы надежности распознавания образов и живучести систем искусственного интеллекта, разработанных на базе рецепторно-эффекторных нейроподобных растущих сетей. Нейроподобные растущие структуры работают с высокой надежностью и обеспечивают живучесть интеллектуальных систем. Эксперименты, проведенные на моделях интеллектуальных систем, показывают, что выход из строя большого количества элементов нейроподобной сети не приводит к отказам в работе всей системы.*

***Ключевые слова:** живучесть, надежность, распознавание образов, рецепторно-эффекторные нейроподобные растущие сети.*

***Abstract.** The questions of reliability of pattern recognition and artificial intelligence systems survivability developed on the basis of receptor-effector neural growing networks were regarded. Growing neural structures operate with a high reliability and ensure survivability of intelligent systems. Experiments conducted on the models of intelligent systems show that the failure of a large number of neural network elements does not lead to failures in the system.*

***Keywords:** survivability, reliability, pattern recognition, receptor-effector neural growing networks.*

1. Введение

В современном мире проблема живучести систем является очень важной для всех отраслей промышленности. Например, на всех видах транспорта, в автоматизированных системах, в экономических (банковских), социальных системах и пр., то есть везде, где возникают проблемы функциональной надёжности объекта и безопасности его эксплуатации. Проблема живучести технических систем весьма актуальна особенно в военном деле при создании оборонительного вооружения или средств нападения, например, танков. В военных действиях повреждения таких объектов неизбежны. Одним из основных требований в этих случаях является сохранение боевых качеств этих объектов после их повреждений. В связи с этим специалисты дают определение живучести как сохранение (полное или частичное) функциональных свойств объекта после его повреждения. Объектом исследования в этом случае является не исходная, а повреждённая конструкция с уже изменёнными свойствами [1].

Аварии неизбежны даже в наиболее разработанной системе безопасности космических средств, воздушного, наземного транспорта и пр. Выход из этого тупика состоит в анализе поведения объекта после его повреждения в результате аварии.

Как уже упоминалось, живучесть – одна из важнейших характеристик, оценивающая способность специальной техники сохранять или быстро восстанавливать возможность функционирования при повреждениях, т.е. способность выполнять целевые задачи или способствовать их выполнению.

Таким образом, обеспечение живучести автономных интеллектуальных систем управления, находящихся на борту космического аппарата или в системе вооружения, военной и специальной техники, имеет не менее важное значение для функционирования объекта.

Живучесть биологических систем проявляется в их способности адаптироваться к новым условиям внешней среды, мутировать, воспроизводиться и т.п. Очевидным является и тот факт, что ни для биологических, ни для систем другой природы невозможно достижение абсолютной живучести.

Для создания живучих интеллектуальных систем управления целесообразно использовать многомерные рецепторно-эффекторные нейроподобные растущие сети.

2. Многомерные нейроподобные рецепторно-эффекторные растущие сети

Для запоминания и обработки описаний образов объектов или ситуаций проблемной области, а также генерации управляющих воздействий с помощью различных информационных пространственных представлений, вводятся многомерные рецепторно-эффекторные нейроподобные растущие сети (мрэн-РС).

Мрэн-РС представляется направленным многомерным графом (рис. 1). Формально мрэн-РС задаются следующим образом:

$S = (R, A_r, D_r, P_r, M_r, N_r, E, A_e, D_e, P_e, M_e, N_e)$; $R \supset R_v, R_s, R_t$; $A_r \supset A_v, A_s, A_t$; $D_r \supset D_v, D_s, D_t$; $P_r \supset P_v, P_s, P_t$; $M_r \supset M_v, M_s, M_t$; $N_r \supset N_v, N_s, N_t$; $E \supset E_r, E_{d1}, E_{d2}$; $A_e \supset A_r, A_{d1}, A_{d2}$; $D_e \supset D_r, D_{d1}, D_{d2}$; $P_e \supset P_r, P_{d1}, P_{d2}$; $M_e \supset M_r, M_{d1}, M_{d2}$; $N_e \supset N_r, N_{d1}, N_{d2}$;

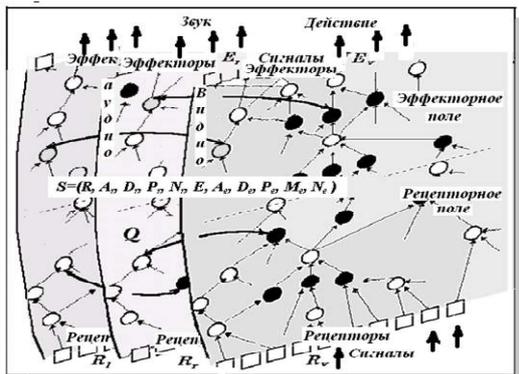


Рис. 1. Многомерный граф мрэн-РС

здесь R_v, R_s, R_t – конечное подмножество рецепторов, A_v, A_s, A_t – конечное подмножество нейроподобных элементов, D_v, D_s, D_t – конечное подмножество дуг, P_v, P_s, P_t – конечное множество порогов возбуждения нейроподобных элементов рецепторной зоны, принадлежащих, например, визуальному, слуховому, тактильному информационным пространствам, N_r – конечное множество переменных коэффициентов связности рецепторной зоны, E_r, E_{d1}, E_{d2} – конечное подмножество эффекторов, A_r, A_{d1}, A_{d2} – конечное подмножество нейроподобных элементов, D_r, D_{d1}, D_{d2} – конечное подмножество дуг эффекторной зоны, P_r, P_{d1}, P_{d2} – конечное множество порогов возбуждения нейроподобных элементов эффекторной зоны, принадлежащих, например, речевому информационному пространству и пространству действий, N_e – конечное множество переменных коэффициентов связности эффекторной зоны.

Таким образом, в мрэн-РС информация о внешнем мире, его объектах, их состояниях и ситуациях, описывающих взаимоотношения между ними, а также информация о действиях, вызванных этими состояниями, сохраняется вследствие ее отражения в многомерной структуре сети, а поступление новой информации вызывает формирование новых ассоциативных вершин и связей и их перераспределение между вершинами, возникшими ранее. При этом выделяются общие части этих описаний и действий, которые автоматически обобщаются и классифицируются [2–5].

Более подробно вопросы восприятия и распознавания визуальной информации в системах искусственного интеллекта рассмотрены в [5]. Представлено описание устройства и функционирования сенсорной зрительной системы восприятия и предварительной обработки информации. Обработка информации в других измерениях осуществляется практически аналогично.

Структура мрэн-РС представляет собой однородный массив нейроподобных элементов. Это дает возможность применять методы параллельной обработки информации и при этом предоставляет новые возможности ассоциативного поиска хранящейся в данной структуре информации, что в свою очередь позволяет осуществить новые подходы к решению задач искусственного интеллекта. В современных устройствах ассоциативного поиска информации в подавляющем большинстве случаев поиск информации осуществляют по заранее выделенной ее части (по ключу). Ассоциативность нейроподобных растущих структур выгодно отличается от других типов технических устройств возможностью восстановления информации по любой ее части. Это в значительной степени определяет живучесть систем, созданных на базе мрэн-РС, т.к. при выходе из строя значительной части ее элементов она сохраняет свои целевые функции.

Таким образом, нейроподобные растущие структуры обеспечивают высокую надежность и живучесть систем. Эксперименты, проведенные на моделях интеллектуальных систем, показывают, что поломка большого количества элементов нейроподобной растущей сети не приводит к отказам в работе всей структуры.

Можно показать, что выход из строя некоторого подмножества нейроподобных элементов не влияет на конечный (целевой) результат. Рассмотрим правильность этого утверждения на примере работы виртуального робота «VITROM».



Рис. 2. Интерфейс виртуального робота «VITROM»

3. Виртуальный робот «VITROM»

Интерфейс виртуального робота «VITROM» показан на рис. 2.

Робот ознакомлен с 450 фотографиями лиц из базы «Yale FaceIMAGES_Data», «Base Yale FaceIMAGES_NOTT» и постоянно пополняет базу изображений с помощью встроенной видеокамеры.

Как он функционирует?

1. Распознавание объектов в режиме реального времени. При отсутствии объекта распознавания в зоне видимости видеокамеры («глаза робота»)

(на видеорецепторах мрэн-РС нет сигналов) робот призывает объект подойти к нему (вырабатываются сигналы управления эффекторами аудиоизмерения). При появлении объекта в зоне видимости (на видеорецепторах мрэн-РС появляются сигналы движения изображения) робот пытается распознать объект. Если объект находится в зоне видимости, но на значительном удалении (в рецепторной зоне мрэн-РС нет возбужденных вершин), робот приглашает подойти ближе (в эффекторной зоне генерируются сигналы управления звуком) и пытается распознать объект (в рецепторной зоне анализ видеосигналов). Если объект найден и известен роботу (в рецепторной зоне есть возбужденные вершины, в эффекторной видеозоне возбуждаются вершины идентификации объекта, и по горизонтальным связям в эффекторной аудиозоне генерируются сигналы управления звуком), то он здоровается и называет объект по имени и отчеству. Если робот не «знает» объект или ошибся (здесь и далее аналогично), то он предлагает объекту представиться, запоминает информацию и его изображение.

2. В режиме распознавания фотографий из базы знаний робота. Входное изображение воспринимается из файла или буфера обмена. По команде «распознать» осуществляется распознавание.

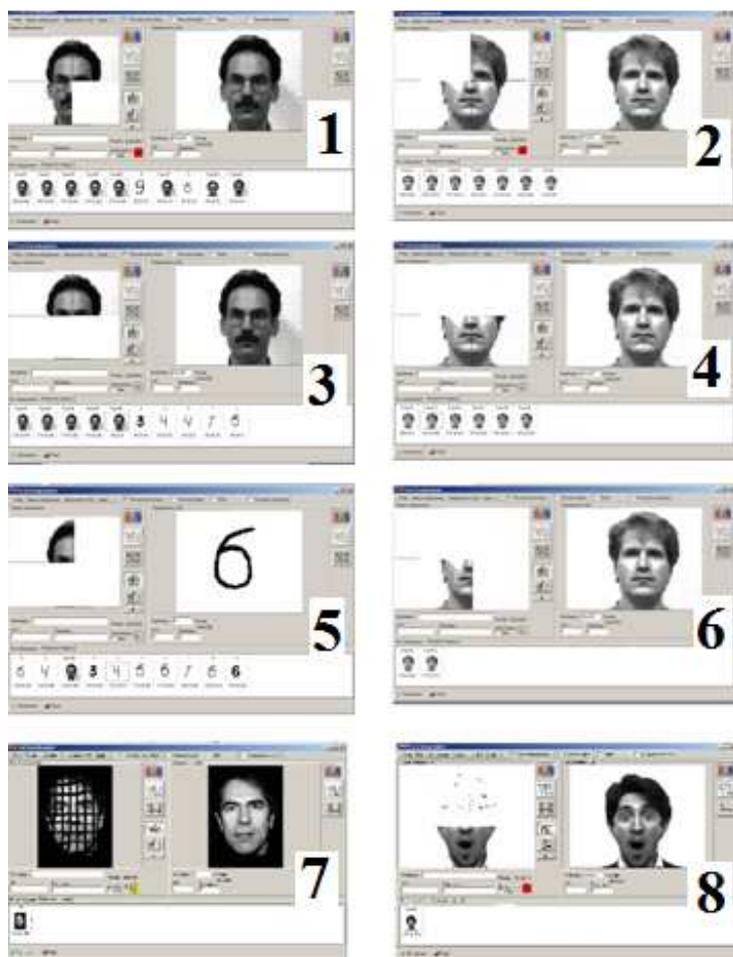


Рис. 3. Распознавание поврежденных изображений

Надежность и живучесть систем с нейроподобной растущей структурой обеспечивается многофункциональностью элементов. В отличие от традиционных схем повышения надежности (резервирование элементов системы) надежность нейроподобных растущих структур не приводит к избыточным затратам аппаратуры, поскольку в нейроподобных растущих структурах каждый нейроподобный элемент принимает участие в реализации многих функций, что позволяет экономно использовать рабочие элементы. Отказ каждого элемента в нейроподобной структуре ведет к незначительному ухудшению этих функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудишин Ю.И. Концептуальные вопросы живучести систем [Электронный ресурс] / Ю.И. Кудишин. – Режим доступа: steelconstructions.ru.htm.
2. Yashchenko V.A. Neural-like growing networks-new class of the neural networks / V.A. Yashchenko // Proc. of the International Conference on Neural Networks and Brain Proceeding, (Beijing, China, Oct. 27–30 1998). – Beijing, China, 1998. – P. 455 – 458.
3. Yashchenko V. Neural-like growing networks / V. Yashchenko // SPIE's 14th Annual International Symposium on Aerospace, Defense Sensing, Simulation and Controls, Session Applications and Science of Computational Intelligence III (Orlando, Florida USA, April 24–28 2000). – Orlando, Florida USA, 2000. – Vol. 4055. – P. 14 – 23.
4. Яценко В.А. Некоторые аспекты «нервной деятельности» интеллектуальных систем и роботов / В.А. Яценко // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 504 – 511.
5. Яценко В.А. К вопросу восприятия и распознавания образов в системах искусственного интеллекта / В.А. Яценко // Математичні машини і системи. – 2012. – № 1. – С. 16 – 27.

Стаття надійшла до редакції 11.07.2011

На рис. 3 показаны результаты распознавания поврежденных изображений, что фактически соответствует повреждению на 25%, 50% и 75% рецепторного поля или зоны. Ошибка при распознавании только в одном случае – при повреждении изображения на 75% (рис. 3, фрагмент 5). Однако наблюдается тенденция – чем выше степень повреждения, тем ниже уровень (уверенность) распознавания.

4. Выводы

Таким образом, нейроподобные растущие структуры работают с высокой надежностью и обеспечивают живучесть систем, созданных на базе нейроподобных растущих сетей. Эксперименты, проведенные на моделях интеллектуальных систем, показывают, что выход из строя большого количества элементов нейроподобной сети не приводит к отказам в работе всей системы. Высокая надежность и живучесть систем с нейроподобной растущей структурой обеспечивается многофункциональностью элементов.