

6 Сборно-разборный дорожный настил: заявка № а20230136 / К. В. Ефимчик, Е. Ф. Кудина, А. А. Поддубный. – Заявл. 01.06.2023.

7 Композиционный песчано-полимерный материал конструкционного назначения: заявка № а20220175 / К. В. Ефимчик, А. А. Поддубный, Е. Ф. Кудина, Р. Ю. Доломанок. – Заявл. 30.06.2022.

УДК 625.08:681.5

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ**

*В. В. ТОМАШОВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Искусственные нейронные сети представляют собой технологию, опирающуюся на следующие основные дисциплины: нейрофизиологию, математику, статистику, физику, компьютерные науки и технику. Они находят своё применение в таких разнообразных областях, как моделирование, анализ временных рядов, распознавание образов, обработка сигналов и управление, благодаря одному важному свойству – способности обучаться на основе данных при участии учителя или без его вмешательства.

Стоит отметить, что сегодня ведущие мировые производители дорожной техники из США, Германии, Франции, Китая все активнее ведут разработку в направлении развития «умного зрения», которое способно не только влиять на рабочие процессы, но и самостоятельно без участия человека выполнять дорожные работы.

В учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» ведется работа по внедрению в дорожное строительство нашей страны «умного зрения», что позволит повысить качество выполняемых работ и возможность сэкономить денежные средства [1–3]

Комплексная механизация дорожного строительства представляет собой совокупность взаимосвязанных основных и вспомогательных работ по строительству дорог. Комплексная автоматизация процесса обеспечивает управление всеми основными и вспомогательными операциями строительства, при реализации которой известны следующие основные принципы построения автоматических систем:

**Принцип разомкнутого управления.** Сущность принципа состоит в том, что алгоритм управления формируется управляющим устройством только на основе заданного алгоритма функционирования автоматической системы, без учета сведений о возмущающих воздействиях на объект управления и о регулируемой величине (рисунок 1).

Алгоритм функционирования данной системы может быть как постоянным, так и переменным. Характерной особенностью возмущающего воздействия  $z(t)$  является его нестационарность. Поэтому при заданной неизменной программе  $z(t)$  функционирование автоматической системы, построенной по принципу разомкнутого управления, может отклоняться от требуемого режима, что является ее недостатком. Преимуществом данного принципа состоит в простоте его конструктивной реализации.

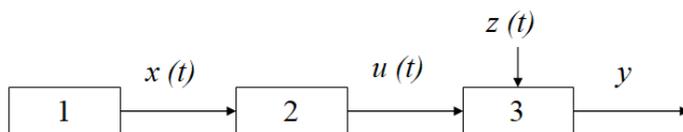


Рисунок 1 – Функциональная схема автоматической системы, построенной на основе использования принципа разомкнутого управления: 1 – задающее устройство, 2 – управляющее устройство, 3 – объект управления

**Принцип управления по возмущению.** Алгоритм управления формируется в зависимости от возмущающего воздействия на объект управления. Формирование управляющего воздействия формируется так, чтобы компенсировать действие возмущения  $z(t)$  на объект управления (рисунок 2).

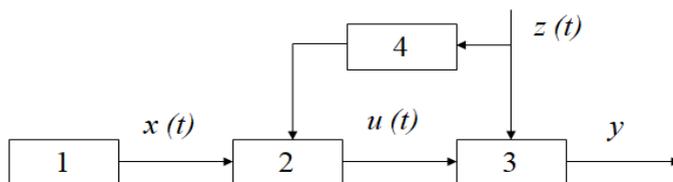


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматической системы, построенной на основе использования принципа управления по возмущению: 1 – задающее устройство, 2 – управляющее устройство, 3 – объект управления, 4 – компенсационное устройство

В данной автоматической системе управляющее воздействие  $u(t)$  определяется заданной программой  $x(t)$  и изменением  $z(t)$ . Компенсационное устройство 4 формирует дополнительное воздействие на устройство управления, в результате управляющее воздействие  $u(t)$  позволяет компенсировать влияние  $z(t)$  на изменение управляемой величины  $y$  и обеспечивает выполнение заданного алгоритма функционирования с заданной точностью.

**Принцип управления по отклонению.** Алгоритм управления формируется в зависимости от отклонения управляемой величины  $y$  относительно заданного ее значения  $x$  (рисунок 3). Преимуществом такого принципа управления является то, что управляющее воздействие формируется независимо от того, какая причина вызвала отклонения управляемой величины. Как недостаток данного принципа стоит отметить увеличение времени управления, которое получается вследствие того, что управляющее воздействие формируется только после того, как возникнет ошибка  $\Delta = x - y$ .

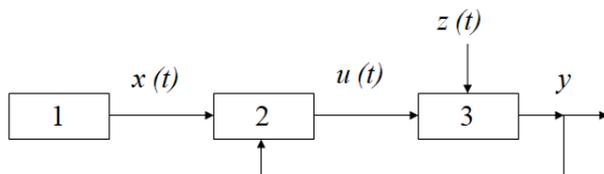


Рисунок 3 – Функциональная схема автоматической системы, построенной на основе использования принципа разомкнутого управления:  
 1 – задающее устройство, 2 – управляющее устройство, 3 – объект управления

В контексте данной работы полезными для применения свойствами нейронных сетей будут следующие:

1 *Нелинейность.* Нейронные сети, построенные из соединений нелинейных нейронов, сами являются нелинейными. Более того, эта нелинейность особого сорта, так как она распределена по сети.

2 *Отображение входной информации в выходную.* Одной из популярных парадигм обучения является обучение с учителем. Это подразумевает изменение синаптических весов на основе набора маркированных учебных примеров. Каждый пример состоит из входного сигнала и соответствующего ему желаемого отклика. Из этого множества случайным образом выбирается пример, а нейронная сеть модифицирует веса для минимизации расхождений желаемого выходного сигнала и формируемого сетью согласно выбранному статистическому критерию. При этом модифицируются свободные параметры сети. Ранее использованные примеры могут впоследствии быть применены снова, но уже в другом порядке. Это обучение проводится до тех пор, пока изменения синаптических весов не станут незначительными. Таким образом, нейронная сеть обучается на примерах, составляя таблицу соответствий вход-выход для конкретной задачи.

3 *Адаптивность.* Нейронные сети обладают способностью адаптировать свои синаптические веса к изменениям окружающей среды. В частности, нейронные сети, обученные действовать в определённой среде, могут быть легко переучены для работы в условиях незначительных колебаний пара-

метров среды. Более того, для работы в нестационарной среде (где статистика изменяется с течением времени) могут быть созданы нейронные сети, изменяющие синаптические веса в реальном времени.

4 *Очевидность ответа.* В контексте задачи классификации образов можно разработать нейронную сеть, собирающую информацию не только для определения конкретного класса, но и для увеличения достоверности принимаемого решения. Впоследствии эта информация может быть использована для исключения сомнительных решений, что повысит продуктивность нейронной сети.

5 *Отказоустойчивость.* Нейронные сети, облечённые в форму электроники, потенциально отказоустойчивы. Это значит, что при неблагоприятных условиях их производительность падает незначительно.

6 *Единообразие анализа и проектирования.* Нейронные сети являются универсальным механизмом обработки информации. Это означает, что одно и то же проектное решение нейронной сети может использоваться во многих предметных областях.

Подводя итог, хочется отметить, что самым важным свойством нейронных сетей является их способность обучаться на основе данных окружающей среды и в результате обучения повышать свою производительность. Повышение производительности происходит со временем в соответствии с определёнными правилами. Обучение нейронной сети происходит посредством интерактивного процесса корректировки поступающих сигналов. В идеальном случае нейронная сеть получает знания об окружающей среде на каждой итерации процесса обучения.

При этом приоритетными направлениями развития дорожных машин является обеспечение надёжности и безопасности технических систем, а также повышения конкурентоспособности отечественной продукции. Вполне очевидно, что реализация этих планов невозможна без широкой автоматизации и роботизации машин.

### Список литературы

1 Способ обеспечения работы системы управления дозированием жидких дорожно-строительных материалов : заявка № а 202202216: Е 01С 19/26 / В. В. Петрусевич, П. А. Кацубо, Р. Ю. Доломанюк. – № а 202202216; заявл. 12.09.2022.

2 **Петрусевич, В. В.** Основные принципы системы организации профилактической обработки в рамках выполнения технологических процессов текущего содержания автомобильных дорог / В. В. Петрусевич // Автомобильные дороги и мосты. – 2024. – № 1. – С. 4–13.

3 **Петрусевич, В. В.** Теоретическое обоснование системы организации профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / В. В. Петрусевич // Вестник СибАДИ. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 314–323.