

трудоые и др.), необходимые или же выделенные для эксплуатации парка объектов. Решается задача автоматизации процессов эксплуатации парка объектов, на основе создания интеллектуальной автоматизированной технологии и системы управления процессами эксплуатации парка ТС по текущему состоянию. При этом требуется определить параметры состояния компонентов системы (мониторинг технического состояния), а также обеспечить раннее обнаружение скрытых неисправностей. Результатом мониторинга является оценка принадлежности объекта к классу исправного или к заданным неисправным классам состояний. Если выявлено неисправное состояние объекта, то требуется определить вид неисправности и получить оценку достоверности. На основе данных мониторинга объектов требуется получить прогноз возможных изменений состояний элементов ТС, а также установить рациональную очередность контроля и восстановления элементов, с учетом требований по безопасности транспортной системы и ограниченных ресурсов процессов эксплуатации.

Автоматизированная технология диагностики и управления парком ЭД основана на анализе частотного спектра рабочего тока двигателя. Дискретизация тока электродвигателя реализуется в блоке аналого-цифрового преобразователя (АЦП), получение спектральных характеристик тока ЭД реализовано с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). Входными данными модуля мониторинга электродвигателей является частотный спектр тока ЭД, рассчитанный в блоке БПФ. Для каждого электродвигателя формируется индивидуальная модель (ИМ), которая хранит текущие спектральные характеристики и у исправного состояния двигателя. Модуль мониторинга сравнивает спектр, полученный из блока БПФ, со спектром исправного состояния, хранящимся в соответствующей ИМ ЭД. При обнаружении существенных различий в этих спектрах модуль мониторинга передает спектральные характеристики анализируемого ЭД в модуль диагностирования. На выходе модуля диагностирования получаем оценки достоверностей выявляемых неисправностей электродвигателя. Эти оценки сохраняются в ИМ ЭД.

При управлении парком ТС решается одна из основных подзадач эксплуатации ЭД – определение очередности ремонтов устройств, при диагностике которых установлены различные скрытые типы неисправностей, с учетом ограниченности ресурсов, к которым отнесены время ремонта, персонал, запасные части, денежные средства др.

Для распознавания кластеров в спектральных характеристиках ЭД использована сеть Кохонена. Выявление кластеров позволяет сопоставить с ними классы технического состояния электродвигателей и

использовать SOFM сеть для классификации неисправностей. Анализ взаимного расположения кластеров на топологической карте позволяет выявлять сходства или различия между различными классами неисправностей. Использование сети Кохонена позволяет выявлять и новые виды неисправности ЭД, при этом их входные образцы будут размещены на топологической карте вне известных кластеров. Входной слой сети Кохонена состоит из 256 элементов, на каждый из которых подаются величины интенсивности гармоник преобразования Фурье тока ЭД. Выходной слой сети представляет собой топологическую карту. В результате экспериментов лучшую способность к кластеризации показала топологическая карта размерностью 3 на 5 элементов.

Выполненные исследования и разработки позволяют перейти от планово-предупредительного метода эксплуатации к обслуживанию по фактическому техническому состоянию ЭД. К основным эксплуатационным свойствам разработанной системы относятся следующие: прогнозирование отказа ЭД на основе индивидуальных моделей; удаленная диагностика без исключения из процессов эксплуатации; самообучение и адаптация моделей объектов; простота эксплуатации; применимость к другим элементам технических систем (дизельные тяговые двигатели локомотивов).

*Лазарева Н.М. (УкрДАЗТ)*

## ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ГАЛЬМІВНИМИ ПОЗИЦІЯМИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Керування гальмівними позиціями є складним практичним завданням, що не формалізується з погляду суворого математичного аналізу через суперечливість і неоднозначність знань про розв'язуване завдання керування, неконтрольованість збурень, що змінюються динамічно й неповноту даних. Практична неможливість виміру повного вектору стану об'єктів та виконавчих механізмів обумовлює необхідність побудови малолюдної технології управління з використанням засобів штучного інтелекту. Перевагами є легка інтеграція з іншими інформаційними технологіями та сучасними технічними засобами, стійкість роботи з можливістю розширення, трансформування й удосконалення знань про об'єкти керування.

Розглядається проблема синтезу спеціалізованих систем керування, архітектур штучних нейронних мереж для рішення задач управління розпуском, які враховують апостеріорну інформацію про властивості об'єкта і факторів впливу, а також дозволяють здобувати з даних нову інформацію про ці властивості.

Використовується не пошук алгоритмічного вирішення, а евристичний метод керування: виділення однотипових ситуацій для реалізації правил керування гальмівними позиціями. У випадку нестационарності параметрів об'єкту здійснюється ідентифікація з одночасним відновленням повного вектора стану чи його частини.

Визначені вхідні данні, область пошуку рішення по керуванню, виділені основні фактори, що впливають на вибір рішення з урахуванням обмежень режимів гальмування, зв'язаних з гальмівною потужністю уповільнювачів, допустимою швидкістю скочування та входу на наступну гальмівну позицію, можливість реалізації обраного методу керування.

Використання нейромережевих технологій може забезпечити отримання результатів, що не поступають за якістю та ефективністю рішенням, отриманим черговим по гірці на основі інструкцій та досвіду роботи. При цьому важливе значення для управління гальмівними позиціями мають пристрої зворотного зв'язку - первинні датчики, що дозволяють оцінити зміни вектора стану.

*Каткова Т.И. (Бердянський університет менеджмента и бизнеса)*

УДК 519.85

### РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА С НЕЧЕТКО ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ

На практике мы часто сталкиваемся с необходимостью решения задачи рационального распределения ресурса, от оптимального решения которой зависит эффективность функционирования элементов сложных социальных, экономических и технических систем.

Решение задач распределения ресурса существенно зависит от принятых предположений относительно характера исходных данных. При этом способы решения детерминированных задач рассмотрены достаточно тщательно, что нельзя сказать о недетерминированных задачах. Данные, используемые при планировании и управлении системами, часто бывают недостаточно достоверны. Это касается, в частности, данных о ходе выполнения плана, состоянии объектов, его реализующих, а также факторов внешней среды, в которой функционирует система. При этом характер неопределенности в отношении численных значений влияющих факторов может быть разным. Во многих случаях исходных статистических данных бывает достаточно для установления вероятностных характеристик недетерминированных параметров системы и

определения их распределения. Наряду с этим может возникнуть ситуация, когда реальных статистических данных об этих параметрах недостаточно для формулировки и проверки правильности каких-либо правдоподобных гипотез относительно характера соответствующих распределений. В этих случаях для описания таких параметров естественно использовать формальный аппарат нечеткой математики.

Рассмотрим задачу рационального распределения ограниченного ресурса в условиях, когда параметры задачи – нечеткие числа с известными функциями принадлежности.

Пусть необходимо рационально распределить между потребителями  $c$  единиц однородного ресурса. Введем набор функций  $(\varphi_j(x_j))$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , определяющих прибыль, получаемую  $j$ -м потребителем, при использовании ресурса  $x_j$ . Тогда задача распределения формализуется следующим образом: найти набор  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , максимизирующий

$$F(X) = \sum_{j=1}^n \varphi_j(x_j) \quad (1)$$

и удовлетворяющий ограничениям:

$$\sum_{j=1}^n x_j = c, \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Будем считать, что функции, задающие прибыль от реализации ресурса, содержат параметр, заданный нечетко. При этом соответствующую функцию для  $j$ -го потребителя запишем в виде  $\varphi_j(x_j, a_j)$ , где  $a_j$  – нечеткое число с известной функцией принадлежности  $\mu(a_j)$ .

Тогда задача (1) – (3) становится задачей нечеткого математического программирования и формулируется так: найти набор  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , а также набор  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ , максимизирующие

$$F(X, A) = \sum_{j=1}^n \varphi_j(x_j, a_j) \quad (4)$$

и удовлетворяющие ограничениям (2), (3) и

$$\mu(a_j) \geq \alpha, j = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Предложим следующий метод решения этой задачи.

Зададим значения нечетких параметров задачи