УДК 519.711

В. В. Скалозуб, О. П. Заєць, М. В. Кузнєцов,
С. О. Пирогов, В. В. Чередник
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ GPS-МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПРОМИСЛОВОМУ ТРАНСПОРТІ

Розроблено математичне, інформаційне і багатоплатформне програмне забезпечення, призначене для реалізації завдань інтелектуального GPS-моніторингу і оперативного керування рухомими об'єктами залізничного промислового транспорту на основі телематичного терміналу FORT-111.

Разработано математическое, информационное и многоплатформенное программное обеспечение, предназначенное для реализации задач интеллектуального GPS-мониторинга и оперативного управления подвижными объектами железнодорожного промышленного транспорта на основе телематического терминала FORT-111.

In the article the mathematical, information and many platform software designed to meet the objectives of intellectual GPS-monitoring and operational management of moving objects rail transport industry based telematics terminal FORT-111.

Ключові слова: інтелектуальні системи, GPS, моніторинг, залізничний промисловий транспорт, оперативне керування, рухомі об'єкти, математичне і програмне забезпечення, стаціонарні і мобільні пристрої.

Вступ. Залізничний транспорт великих промислових підприємств гірничо-металургійного комплексу України має значні локомотивні та вагонні парки, розгалужене та значної довжини колійне господарство, складні транспортні та відповідні інформаційні технології. Підвищення ефективності експлуатації та управління рухомими залізничними об'єктами цих підприємств шляхом застосування сучасних технологій GPS-моніторингу є одним із пріоритетних завдань. Інноваційним рішенням щодо реалізації

© *В. В. Скалозуб, О. П. Заєць, М. В. Кузнєцов, С. О. Пирогов, В. В. Чередник, 2014*

цього завдання є формування, створення і застосування інтелектуальних автоматизованих систем керування. Запровадження таких засобів автоматизації дозволяє суттєво економити транспортні витрати, підвищувати рівень контролю та управління транспортними технологічними процесами. Робота присвячена дослідженню вимог і властивостей засобів створення, а також розробці математичного, інформаційного і багатоплатформного програмного забезпечення із реалізації завдань інтелектуального GPS-моніторингу [8; 10] на основі телематичного терміналу FORT-111 [3; 6] і завдань керування рухомими об'єктами промислового залізничного транспорту, локомотивами. Актуальність роботи визначається потребою підвищення ефективності залізничних транспортних процесів великих промислових підприємств, недостатнім розвитком та застосуванням інтелектуальних систем супутникової навігації, моніторингу та управління, які широко використовуються іншими видами транспорту, в першу чергу – автомобільним.

У статті представлено результати досліджень і програмно-технічних розробок у галузі застосування сучасних інформаційних і телекомунікаційних технологій, у тому числі на основі глобальних навігаційних систем стеження (GPS, ГЛОНАС [6]), для моніторингу та управління залізничними транспортними засобами на великих металургійних підприємствах. Отримані в ході промислових випробувань результати, зазначені в роботі, засвідчили ефективність цих технологій моніторингу, а також потребу подальшого удосконалення для вирішення завдань оперативного планування, з метою раціонального використання тягового рухомого складу (ТРС), контролю експлуатаційних характеристик локомотивів, ефективності використання робочого часу, палива ін.

Об'єктом дослідження є процеси експлуатації локомотивних парків промислових підприємств, а також інформаційні системи їх моніторингу за даними технологій супутникової навігації. Предметом – інтелектуальні багатоплатформні програмні системи моніторингу, оперативного картографічного відображення, а також оптимізації процесів експлуатації локомотивного парку промислових підприємств.

Наукова і технологічна новизна роботи полягає у створенні інтелектуальної кросплатформеної системи моніторингу параметрів залізничних рухомих об'єктів, з метою підвищення ефективності та безпеки транспортних процесів. При цьому також досліджено формати обміну даних у клієнт-серверних системах, картографічні системи мобільних пристроїв та процедури перетворення географічних даних у растрове відображення, що дозволило підвищити точність та поліпшити сприйняття графічних даних.

При розробках проекту використані методи GPS моніторингу, методи інтелектуальних систем, комп'ютерної графіки, технології баз даних, сучасні методи та засоби розробки програмного забезпечення автоматизованих систем [4; 6; 8; 13].

Суттєвий аспект запропонованого вирішення завдань інтелектуального моніторингу полягає у формуванні засобів автоматизації, призначених для різних типів термінальних пристроїв – стаціонарних та мобільних. Також побудовано програмні механізми зворотного зв'язку оператора з локомотивами з метою підвищення безпеки транспортних процесів. Робота виконана за підтримки корпорації «Промтелеком» для дослідного впровадження на ВАТ «Запоріжсталь».

Постановка завдання. Загальна структура системи моніторингу та управління наступна (рис. 1). Передавач GPS рухомого об'єкта (контрольований) формує повідомлення, записані у бінарному форматі, які прив'язані до часу і місця, містять параметри вимірюваних технологічних (технічних та ін.) характеристик. Повідомлення від стаціонарних і мобільних пристроїв надходять у систему моніторингу АСМТРС, контролюються, перетворюються у записи SQL [4; 12], далі вони зберігаються на сервері. Для підвищення ефективності процесів експлуатації локомотивних парків металургійних підприємств повинні бути реалізовані процедури передачі, накопичення, аналізу, інтерпретації та моделювання процесів на основі цих даних, а також функції контролю, моніторингу та управління, що використовують методи інтелектуальних систем.

При розробках автоматизованої системи GPS моніторингу експлуатаційних характеристик ТРС підприємств (АСМТРС) виділено кілька основних типів взаємодії як рухомих об'єктів (РО, локомотивів), так і рухомих об'єктів та інфраструктури, що разом формують моделі інформаційної взаємодії в системі. Специфікація цих моделей дозволяє уніфікувати процедури щодо вирішення ряду основних завдань кооперативної взаємодії в інтелектуальних системах залізничного транспорту [8], в першу чергу промислових підприємств. Важливою особливістю управління в АСМТРС є те, що воно, по суті, ведеться за відхиленнями від нормативів, які часто визначаються дослідним шляхом, на основі попередніх даних про результати функціонування керованого об'єкта. Такий тип управління є типовим для телематичних систем транспорту, для інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Застосування методів і технологій ІТС, інструментів телематичного управління [8; 10], спрямоване на підвищення ефективності залізничних перевезень або процесів експлуатації ТРС. Відзначимо першорядну роль процедур автоматичного/автоматизованого моніторингу параметрів про-

цесів перевезень (експлуатації), необхідність оперативної взаємодії рухомих об'єктів з інфраструктурою, важливу роль як формування, так і використання баз даних і знань, застосування методів інтелектуального управління (розпізнавання, класифікація, управління за шаблонами та ін.) [7; 9].

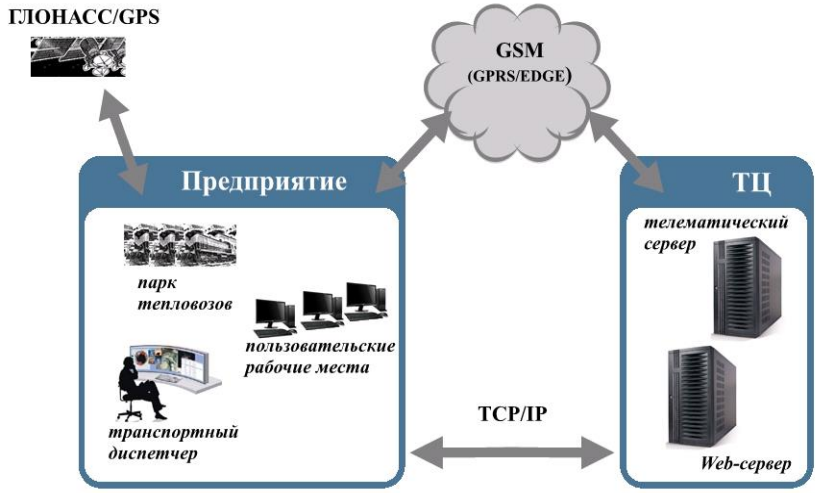


Рис. 1. Загальна схема функціонування системи моніторингу і управління

Комплекс технологічних та експлуатаційних завдань, які виникають, і реалізованих при цьому, а також інтегрованих інформаційно-телекомунікаційних технологій, орієнтованих на формування, інтерпретацію і використання моделей процесів залізничних перевезень і засобів їх раціонального застосування [7; 9; 10], дають загальне уявлення про вимоги до змісту інтелектуальних завдань АСМТРС.

Проблеми кооперативної взаємодії у транспортних системах. У даний час сформовано концепції і розвинені засоби кооперативної взаємодії підсистем, в основному, для автомобільного транспорту. Розроблені такі системи взаємодії, що грунтуються на видах зв'язку між складовими [17]:

–Vehicle-to-vehicle (V2V) or Car-to-car (C2C);

–Vehicle-to-infrastructure (V2I) or Car-to-infrastructure (C2I);

–Vehicle-to-other participant;

•In general vehicle-to-X communication (V2X).

Відзначимо основні види кооперативних систем: періодичні повідомлення, «маяки», забезпечують отримання інформації, з метою виявлення небезпечного трафіку; системи повідомлень про події (достовірні і ймові-

рні); заданий ступінь поширення інформації від об'єкта; урахування можливості затримки повідомлень [18; 20 – 22].

У Європі реалізовані проекти кооперативних систем: CVIS (2006-2010), SAFESPOT (2006-2010), I-WAY (2006-2009), COOPERS (2006-2010) [11 – 13] ін. При цьому застосовані CALM-принципи, які забезпечують оптимальне використання бездротових телекомунікаційних засобів масової інформації в будь якому конкретному місці (доступ до комунікацій для наземних мобільних телефонів). CALM-стандарти перевірені в кооперативному проекті CVIS. Платформа CVIS забезпечує безперервний зв'язок для додатків на основі стандартів ISO CALM. Сімейство міжнародних стандартів, заснованих на CALM-концепції, визначає загальну архітектуру, мережеві протоколи, інтерфейси комунікації для дротового і бездротового зв'язку з використанням різних технологій доступу [20].

У створюваній системі АСМТРС реалізовано кілька видів *завдань інтелектуального аналізу* та *управління*, які залежать від таких складових:

- числа контрольованих об'єктів, джерел даних (один або багато);
- урахування взаємодії об'єктів між собою;
- присутності об'єкта-джерела, що визначає інфраструктуру;
- можливості перебудови системи передачі повідомлень (зміна числа переданих параметрів по команді від «інфраструктури», від керуючих програм або мікропроцесорної системи на борту, рухомих об'єктів);
- можливості подачі попереджувальних повідомлень у мобільну систему;
- можливості подачі команд управління, блокування, наприклад, при аварійному режимі, який не розпізнається мобільною системою.

Для зазначених класів інтелектуальних завдань сформульовані специфікації щодо їх призначення та побудовані моделі процесів, які реалізовані засобами комунікацій і програмування.

Наведемо приклади основних інтегрованих інтелектуальних технологій транспорту [8; 10]:

- перевезення з властивостями інтелектуальних технологій (містять елементи автоматичного: збору даних про умови перевезень, моделювання процесів, порівняння з шаблонами, розпізнавання нештатних ситуацій або можливостей їх виникнення, планування параметрів процесу перевезень та ін.);
- технології інтелектуального вантажу (вантажу, який в процесі перевезення «автоматично повідомляє про свої властивості», що використовується для моніторингу та управління перевезеннями);
- технології за принципами відстеження логістики вантажів (інформаційні та телепатичні технології та системи, які реалізують загальні вимоги

щодо відстеження вантажів, враховують вимоги інтероперабельності, взаємодії [8]);

- автоматичне керування РО (інформування транспортних систем про умови, раціональні маршрути і режими, враховуючи взаємодію між учасниками руху [17]).

Відзначимо, що в АСМТРС реалізовані окремі елементи різних перелічених технологій, з урахуванням специфіки завдань ефективного застосування ТРС для виконання перевезень на підприємствах.

Метод вирішення завдання. Для вирішення комплексних завдань із підвищення ефективності транспортних технологій великих металургійних підприємств запропоновано і розроблено спеціалізовані математичні, інформаційні, а також програмні засоби інтелектуальної системи GPS-моніторингу та керування рухомими залізничними об'єктами промислового транспорту, локомотивами (див. рис. 1). Відмінність системи АСМТРС також полягає у застосуванні широкого спектра методів інтелектуальних систем при реалізації процедур автоматизації для стаціонарних та мобільних пристроїв. Створювана система моніторингу і керування реального часу функціонує на основі даних від телематичних терміналів [13], розташованих у локомотивах підприємства. Зібрана інформація контролюється, використовується для аналізу та моделювання, а також для надання клієнтським додаткам в режимі реального часу, з метою оперативного керування та організації їх взаємодії. Функції програми такі: прийом даних від телематичних терміналів FORT-111 та перевірка їх цілісності; обробка отриманих даних, розкладання у структури даних, збереження у БД (формат MySQL [12]); забезпечення можливості зворотної взаємодії з локомотивами шляхом відправлення керуючих сигналів у формі SMS повідомлень; надання клієнтським додаткам інтерфейсу взаємодії за технологією REST [2] з такими функціями: аутентифікація в системі; отримання координат усіх колій підприємства; отримання опису усіх локомотивів підприємства; отримання усіх оновлень (переміщень), які відбулися із встановленого часу; отримання усіх переміщень за певний проміжок часу; отримання історії усіх переміщень за весь час роботи системи; посилання екстреної команди визначеному локомотиву; графічне відображення технологічних процесів на карті.

Завдання із формування інтелектуальних систем моніторингу і керування на стаціонарних та мобільних пристроях

Галузь GPS-моніторингу транспорту дуже швидко розвивається, має безліч готових комплексів з великою функціональністю. При цьому переважна більшість з них орієнтована на автотранспорт, лише одиниці дають підтримку залізничному транспорту [8; 10]. Ціновий діапазон систем, що

мають безліч надлишкових функцій, становить 75 – 150 тис. грн. Часто системи можливо використовувати лише на умовах абонентської плати, у середньому 120 – 150 грн/місяць для одиниці. При цьому вся інформація клієнтів зберігається на серверах компанії-постачальника системи моніторингу, який відповідає за її безпеку та конфіденційність. Через можливі значні ризики промислових і транспортних компаній використання подібних систем обмежене. Усі системи моніторингу надаються готовим продуктом «з коробки», де відсутня можливість модифікації комплексу, що обмежує спеціалізацію, гнучке налаштування системи, створення власних модулів. Розробка спеціалізованої системи GPS-моніторингу для сучасного залізничного промислового транспорту є актуальною і доцільною.

На відмінність від більшості існуючих систем, призначених для персональних комп'ютерів, у системі АСМТРС передбачено інтеграцію до процесів моніторингу також мобільних пристроїв, забезпечення інтелектуальної підтримки процесів управління рухомими об'єктами, що робить їх ширшими і зручнішими, дозволяє завжди оперативно використовувати всі необхідні дані.

Створювана клієнт-серверна система реалізує технологію організації баз даних на стаціонарних та мобільних пристроях, що використовують операційну систему (ОС) iOS [11], а також фреймворк CoreData як додатковий механізм з оптимізації роботи з SQL-базою даних із специфічним синтаксисом та операторами управління даними [16]. При розробках серверної складової проекту було досліджено формати обміну даних між сервером та клієнтом, з метою вибору оптимального. Як показав порівняльний аналіз, перевагу має формат JSON [15].

Досліджено питання щодо ефективності використання карт різних виробників (Apple та Google) у програмі моніторингу на мобільних пристроях, а також технологій інтеграції карт у мобільний додаток. Зараз існує досить велика кількість розробок компаній, які дають можливість інтегрувати карти в мобільні пристрої (Google, Yandex, Apple, Nokia). Сучасна операційна система iOS надає можливість використовувати карти [11] компаній Google, Yandex, а у 2013 році компанією Apple розроблені власні.

У проекті АСМТРС використані карти Apple через їх відповідність встановленим для підприємства умовам, через відсутність у Google карт можливості накладання власних шарів графічних елементів, а не використання лише заздалегідь реалізованих. Карти Apple випереджають карти Google за характеристиками додаткового розміру проекту (карти Google – мінімум 5 Мб розміру, карти Apple не збільшують розмір проекту), продуктивності. Аналіз карт Google та Apple з боку користувача (необхідні фун-

кції) не показав їх суттєвих відмінностей: карти Google дещо кращі в плані масштабування, а карти Apple – в якості супутникових знімків.

Створена підсистема моніторингу і управління для мобільних пристроїв має такі основні функціональні характеристики: обмін даними з використанням HTTP-протоколу та формату JSON; перетворення отриманих даних з JSON-формату в формати логічних структур даних; відображення характеристик рухомих об'єктів, місцезнаходження на карті та детальних характеристик об'єкта після вибору його на карті; реалізація механізму управління як зворотного зв'язку з керуючим пристроєм на об'єкті (терміналом Fort-111 [13]); формування повідомлень в JSON-форматі, відправлення їх на сервер; реалізація механізму побудови звітів щодо динаміки параметрів локомотива; функціонування системи моніторингу на ОС ?-OS v6.1 і вище [11].

Мобільний додаток розроблений засобами компільованої об'єктно-орієнтованої мови програмування Objective-C, що побудована на основі мови C та парадигм Smaltalk. Середовище розробки XCode [5] можна безкоштовно завантажити з Mac App Store.

На рис. 2 показано приклад інтерфейсу системи управління локомотивами як екрану ввімкнення/вимкнення відображення РО на карті, що складається з тексту, списку локомотивів зі своїми елементами-перемикачами, при ввімкненні яких локомотив (і його параметри) зображується на карті. Рис. 3 демонструє приклад процедури контролю параметрів.

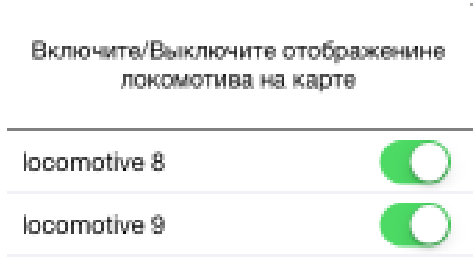


Рис. 2. Екран ввімкнення/вимкнення відображення локомотива на карті

Розроблено регламент, формат і процедури обміну інформацією між телематичним терміналом FORT-111/FORT-111GL та сервером з використанням відповідного комунікаційного протоколу [13]. Також побудовано

програмні засоби екстреного управління локомотивами на основі відправки терміналам керуючих SMS повідомлень.

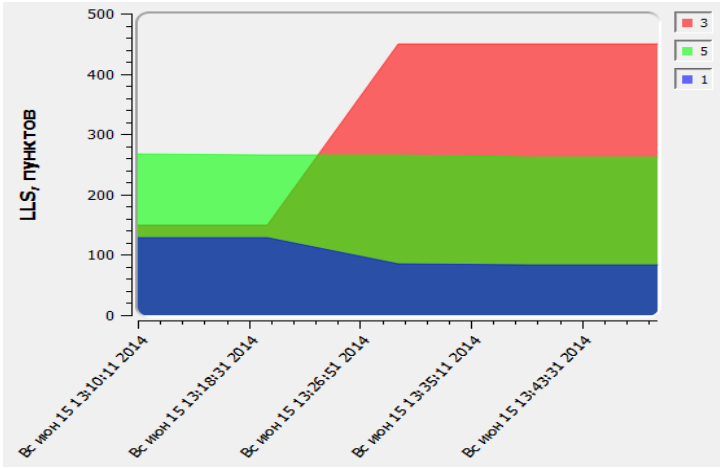


Рис. 3. Діаграма контролю витрат палива локомотивами

Серверні складові програмного комплексу АСМТРС

Створення комунікаційного протоколу сервера виконано за допомогою стилю програмної архітектури Representational State Transfer (REST [16]), що забезпечує: масштабованість взаємодії компонентів, спільність інтерфейсів, незалежне впровадження компонентів, застосування проміжних компонентів для зниження затримки та посилення безпеки. У розробках реалізовані головні обмеження архітектури REST. А саме: технологія «клієнт-сервер» (клієнти відокремлені від сервера єдиним інтерфейсом, сервери можуть бути простішими і більш масштабованими, вони можуть розроблятися і замінюватися незалежно, доки не зміниться інтерфейс); без стану (взаємодія клієнт-сервер обмежується відсутністю збереження контексту клієнта на сервері між запитами; запит від клієнта містить всю необхідну для обслуговування інформацію, будь-який стан сесії зберігається в клієнті; сервер може бути зі станом, який на стороні сервера має бути адресований через URL як ресурс); керованість (клієнти можуть кешувати відповіді; добре кероване кешування частково усуває деякі взаємодії клієнта і сервера, підвищуючи масштабованість і продуктивність); багаторівневість системи (клієнт не може однозначно визначити, підключається він безпосередньо до сервера або до посередника; посередник сервера може поліпшити масштабованість системи, забезпечуючи балансування навантаження); код на вимогу (сервери можуть тимчасово розширити або нала-

штувати функціональність клієнта, передаючи йому виконувану логіку); єдиний інтерфейс (між клієнтами і серверами спрощує і розділяє архітектуру, дозволяючи кожній частині розвиватися самостійно).

Бази даних системи формуються за допомогою багатопотокового сервера MySQL [2; 4; 12], який забезпечує: підтримку необмеженої кількості користувачів, що одночасно працюють з базою даних; число записів у таблицях – до 50 мільйонів; MySQL вважається найшвидшим сервером з існуючих; проста і ефективна система безпеки. Разом з цим у MySQL відсутні: підтримка вкладених запитів і транзакцій, немає підтримки тригерів і збережених процедур. Але такі можливості не є критичними при створенні Web-додатків. Гнучкість СУБД MySQL забезпечується підтримкою великої кількості типів таблиць, а також спеціальним типом таблиць EXAMPLE, що демонструє принципи створення нових типів таблиць.

Дослідження ефективності форматів обміну даними

У теперішній час серед багатьох існуючих форматів обміну даними між сервером та клієнтами найбільш поширені XML та JSON. При створенні програмної системи ці формати досліджено з метою виявлення, який із них найефективніший для проекту: використання формату не приводить до зайвих витрат інтернет-трафіку, обробка не викликає проблем, формат поширений на усі популярні платформи. Це питання важливе через те, що при розробках серверу неможливо знати, які клієнтські додатки будуть застосовуватися (web, Windows, Linux, iOS, Android і т.п.).

Текстовий формат обміну даними JSON (JavaScript Object Notation), вважається незалежним від мови програмування [11, 15], для багатьох мов існує код для створення та обробки даних у форматі JSON. У мові PHP, починаючи з версії 5.2.0, підтримка JSON включена в ядро у вигляді функцій json_decode() і json_encode(), які самі перетворять типи даних JSON у відповідні типи PHP і навпаки. Результати порівняльного аналізу (число додаткових символів на кодування даних) на різних об’ємах даних наведено у табл. 1 (кодування одного поля даних) та табл. 2 (кодування масиву даних). Також кожному набору XML даних передує рядок ?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>», розмір якого = 39 байт.

Таблиця 1

Формат	Представлення	Кількість корисних даних, байт	Кількість додаткових даних, байт
JSON	«speed»: 80,	1	9
XML	<speed>80</speed>	1	15

Таблиця 2

Формат	Представлення	Кількість корисних даних, байт	Кількість додаткових даних, байт
JSON	{«array»: [1, 2, 3, 4, 5]}	5	16
XML	<array>1</array> ….. <array>5</array>	5	15x5 = 75

Обидва формати дуже поширені, усі сучасні мови програмування підтримують роботу з ними, деякі мови мають вбудовану підтримку JSON/XML. Для проекту використання формату JSON є більш доцільним, скоротить інтернет-трафік приблизно в 1,5 рази. Обробка JSON є менш трудомісткою, що дозволить зменшити навантаження на процесори серверу і клієнтів, JSON більш зручний для читання людиною.

Структура серверної складової системи

На рис. 4 наведено діаграму класів серверної частини програми, побудованої з використанням методу CRC-карток для об'єктно-орієнтованого проектування [5; 11]. CRC-картки становлять ієрархію класів і форми «співробітництва» об'єктів.

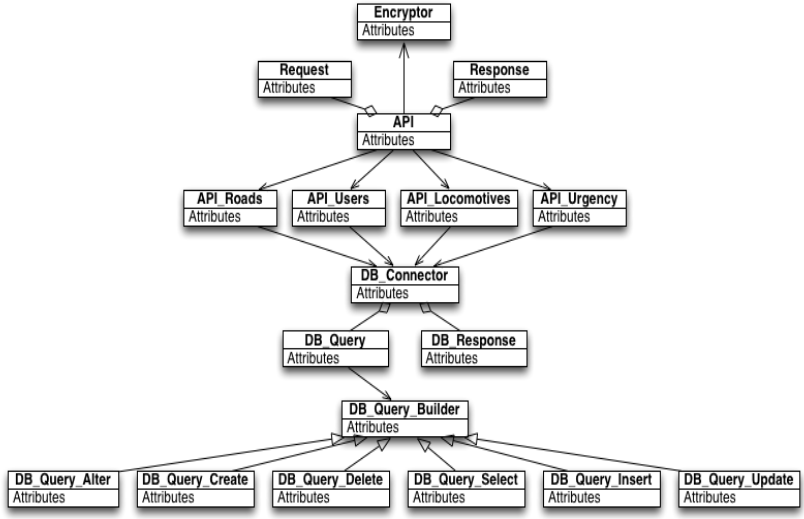


Рис. 4. Діаграма класів серверної частини програми

Для розробки серверного програмного забезпечення застосовані мова PHP і середовище Sublime Text 2 [2; 5], яке має такі переваги: робота в Linux, OS X та Windows; швидкість роботи; наявність гнучких налаштувань; підсвічення синтаксису багатьох мов програмування, в тому числі й PHP; наявність великої кількості плагінів для відлагодження і юніт-тестування; підтримка VIM-режиму.

В якості СКБД застосовано сервер MySQL, який підтримує мову запитів SQL у стандарті ANSI 92; має розширення, відсутні в інших СУБД [2, 12], а мова PHP має вбудовану підтримку цієї СУБД.

Сутності, представлені у БД системи, мають досить розвинену структуру. Початкове представлення сутності Locomotive зображене на рис. 5.

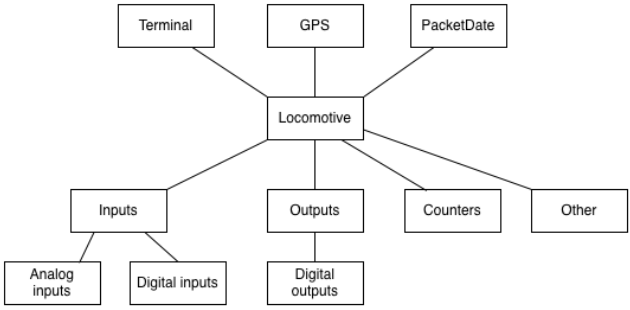


Рис. 5. Інформаційна модель сутності Locomotive

При отриманні даних від телематичних терміналів програма перевіряє їх цілісність для виявлення можливих помилок (під час передачі, збої терміналу ін.). Інформація про параметри транспортного засобу подається у вигляді структурованого символьного рядку, що містить такі параметри: швидкість, пробіг, витрата палива, рівень палива в баку, оберти, температура двигуна та ін. Для контролю структури і цілісності даних повідомлень про параметри об'єктів застосовується LL(1) граматика [1]. У разі невідповідності отриманих від терміналу даних побудованій граматиці, дані вважаються неправильними, формується запис про втрату пакету повідомлень.

Розроблений програмний засіб дозволяє створювати клієнтські програми (web, iOS, Android, Windows, OS X тощо) для моніторингу рухомих об'єктів на промислових підприємствах залізничного транспорту. Наприклад, не змінюючи структуру і навіть код серверної програми, можливе розширення системи додатками на базі ОС Android [15], яка є найбільш популярною мобільною операційною системою. Застосування програмного комплексу передбачене у ВАТ «Запоріжсталь»; завдяки гнучкій системі

налаштувань комплекс можна використовувати і на інших промислових підприємствах.

Дослідження картографічних процедур

Для розробки системи моніторингу РО залізничного транспорту важливим є завантаження зображення географічної карти місцевості і прив'язка до географічних координат для відображення на ній місцезнаходження рухомих об'єктів. При відображенні необхідно провести декілька перетворень даних, отриманих від серверу (перетворення географічних координат (широти/довготи) в Декартові координати проекції, проекція Меркатора [7], переведення проекційної позиції об'єкта в позицію на растровому зображенні карти, а також у зворотному порядку). У роботі досліджено методи наведених перетворень координат із однієї системи в іншу.

Дослідження проводилися на зображенні карти ділянки з приблизними розмірами 1300×500 метрів. Вимірювання розбіжностей вихідних даних з кінцевими проводилися за допомогою інструменту Яндекс-карт, що надає можливість вимірювати відстань у метрах між обраними точками. Отримані графічні позиції були перенесені на Яндекс-карти у режимі максимального масштабу з метою мінімізації відхилення відображеного місцезнаходження в програмі та картах веб-сервісу. У ході дослідження оцінювалась точність відображення позиції об'єкта на зображенні карти для різних методів; встановлено, що похибка місцезнаходження об'єкта на Яндекс-картах для методу поліноміальних перетворювань – до 1 м. При відображенні рухомих об'єктів ураховуються такі поточні величини: географічні координати місцезнаходження (широта, довгота), висота над рівнем моря, валідність географічних координат, швидкість руху, напрямок руху (відносно півночі), час створення і отримання пакету сервером. Результатом роботи програми є відображення карти місцевості, залізничних шляхів, відображення місцезнаходження рухомих об'єктів на карті місцевості за допомогою спеціальних позначок; шлях руху об'єкта у вигляді контрольних точок, в яких була зафіксована інформація, за вказаний інтервал часу. Також розраховуються такі характеристики, необхідні для управління: таблиця даних про параметри обраного рухомого об'єкта в обраній контрольній точці; таблиця порівняння поточної інформації обраних рухомих об'єктів: швидкість, рівень палива ін.; графіки пройденого шляху, рівня палива для обраних рухомих об'єктів за вказаний інтервал часу; виділення позначки найближчого рухомого об'єкта до вказаної позиції на залізничному шляху.

Реалізована можливість вибору транспортного об'єкта для отримання детальної інформації: місцезнаходження, ключові параметри у контроль-

них точках, місцезнаходження і параметри обраного об'єкта за вказаний період.

Аналіз отриманих результатів і висновки. У результаті виконаних досліджень розроблено математичне, інформаційне і багатоплатформне програмне забезпечення, призначене для реалізації завдань інтелектуального GPS-моніторингу і оперативного керування рухомими об'єктами залізничного промислового транспорту на основі телематичного терміналу FORT-111. Система АСМТРС забезпечує можливості застосування стаціонарних і мобільних клієнтських додатків, в ній реалізовано функції кооперативної взаємодії рухомих об'єктів, формуються їх індивідуальні моделі функціонування. Реалізовано інтелектуальні процедури керування рухомими об'єктами на основі механізму розпізнавання зразків і передачі відповідних SMS-повідомлень.

Ефективність інтелектуальної системи моніторингу і керування АСМТРС локомотивами для ВАТ «Запоріжсталь» визначається підвищенням економічних показників роботи транспортного комплексу підприємства: економія паливо-мастильних матеріалів 18 – 30 %, скорочення терміну простою 10 – 15 %, скорочення невиробничих простоїв до 30 %. Також відзначається автоматизація процесів маршрутизації транспорту і планування робіт, підвищення безпеки та точності руху транспортних засобів.

Бібліографічні посилання

1. **Ахо А.** Компиляторы. Принципы, технологии, инструменты / А. Ахо, Р. Сети, Дж. Ульман. – М. : Из-д. дом «Вильямс», 2003. – 768 с.
2. **Девис М. А.** Изучаем PHP и MySQL / М. А. Девис, Д. М. Филлипс. – М. : Символ-Плюс, 2008. – 566 с.
3. **Короленко И.А.** // FortMonitor Hosting – система мониторинга транспорта с серверной базой FortTelecom. – 2005. – Режим доступа: http://www.fort-monitor.ru.
4. **Крьонке Д. М.** Теория и практика построения баз данных / Д. М. Крьонке – СПб: Питер, 2003. – 800 с.
5. **Ленгсторф Д. С.** PHP и jQuery для профессионалов / Д. С. Ленгсторф. – Apress, 2011. – 401 с.
6. **Петров А. В**. Автоматизация транспортной логистики ГЛОНАСС/GPS мониторинг [Електронний ресурс] / А.В. Петров // Автоматизация транспортной логистики. – 2008. – Режим доступа: http://www.itob.ru.
7. Проекция Меркатора [Электронный ресурс] http://ru.wikipedia.org/ wiki/
8. **Розенберг Е.Н.** Интеллектуальный железнодорожный транспорт / Е.Н. Розенберг, И.Н. Розенберг // www.ecw.ru/publ.php?publid=2010-05a13
9. **Рутковская Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л . Рутковский.– М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

10. **Скалозуб В. В.** Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. 2013. – 202 с.
11. **Хиллегасс А.** Objective-C. Программирование для iOS и MacOS / А. Хиллегасс. – Питер, 2012. – 304 с.
12. **Шварц Б. В.** MySQL. Оптимизация производительности / Б. В. Шварц, П. А. Зайцев, В. М. Ткаченко. – Символ, 2010. – 823 с.
13. Fort-Monitor. ГЛОНАСС/GPS мониторинг транспорта и контроль топлива http://fort-monitor.ru/
14. GIS-Lab. [Электронный ресурс] http://gis-lab.info/qa/polynom.html
15. **Sai Srinivas Sriparasa.** JavaScript and JSON Essentials. – 1999 – 268 с.
16. Webber J. REST in Practice / Jim Webber, Savas Parastatidis, Ian Robinson. – 2010. – 448 с.
17. www.car-to-car.org.
18. www.cvisproject.org.
19. www.esafetysupport.org/download/working_groups/Implementation_Road_Maps/busch1.pdf
20. www.etsi.org/WebSite/document/Technologies/16_Design_Principles_of_CALM.pdf
21. www.iway-project.eu/images/Architecture.gif. I-WAY (2006-2009). (Intelligent co-operative system in cars for road safety).
22. www.safespot-eu.org.

Надійшла до редколегії 04.08.2014.