

Battery Classification for Battery Life Cycle Management

Public report

Author: Apichai Sompolpong, Faisal Altaf
Date: 2022-09-15
Projects within Accelerate Swedish partnership - FFI - år 2021

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

SCANIA

VOLVO

Table of contents

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse	7
7 Spridning och publicering	9
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	9
7.2 Publikationer.....	9
8 Slutsatser och fortsatt forskning	9
9 Deltagande parter och kontaktpersoner	10

FFI in brief

FFI is a collaboration between the state and the automotive industry to jointly fund research and innovation activities with a focus on the areas of Climate & Environment and TourismSafety. The investment involves operations for approximately SEK 1 billion per year, of which the public funds amount to just over SEK 400 million.

Read more at www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Batteriet är en av de mest kritiska komponenterna i xEV när det gäller prestanda, säkerhet, vikt, kostnad, volym och hållbarhet. Batterier kan ha många faser i livet från vaggan till graven (användning, återanvändning, omsyftning, återvinning etc.). De kan betjäna olika applikationer i olika skeden i livet innan de skickas för återvinning. Volvos långsiktiga mål är att utnyttja batterierna på bästa sätt under deras livstid och möjliggöra en smidig övergång från en fas till en annan. Dessutom vill vi minska det ekologiska fotavtrycket samt kostnaden kring batterier.

Det huvudsakliga målet på hög nivå med projektet var att undersöka hur man kan optimera beslutsfattandet avseende hantering av batterier under hela deras livscykel från början av livscykeln till slutet av livslängden. I synnerhet var detta projekt en tidig undersökningsstudie för att föreslå potentiella metoder och lösningar för att klassificera och hantera batterier under hela livscykeln baserat på deras användningshistorik, hälsotillstånd och potentiella framtida återanvändnings- / cirkulationsscenarier.

Lösningen på detta problem är att utveckla ett automatiserat rekommendationssystem som exakt kan förutsäga slutet av livslängden (EoL), återstående livslängd (RUL) och restvärde för Volvos batteri under deras första liv och fatta beslut om att tilldela en applikation som kommer att maximera vinsten på varje batteri. Beroende på batteriets bedömda klass kan det förbli i drift, renoveras / återanvändas eller skrotas. Genom att ha en klassificeringsstrategi kommer Volvo att kunna använda klassen av ett batteri för att bestämma den bästa tillämpningen av det batteriet i dess nuvarande tillstånd. Detta kommer att vara en nödvändig input till den övergripande optimeringsstrategin för hela batteripopulationen som kommer att spara Volvo pengar och sänka koldioxidavtrycket genom att maximera återanvändningen av befintliga batterier. Det övergripande systemet kan beskrivas med ett automatiserat rekommendationssystem som övervakar batteriernas livscykler och fattar beslut om att tilldela Volvos batteri till rätt applikation för att maximera värdet.

För att utforma rekommendationssystemet gjordes en studie av Volvos dataloggning för att identifiera luckorna mellan den nuvarande loggningsstrategin och önskade indata som används i litteraturen. Sedan, efter att ha utarbetat rekommendationens systemarkitektur på hög nivå, undersöks de möjliga applikationerna för återanvändning av batteriet. Detta görs parallellt med att kartlägga stegen från batteriernas första livslängd till andra livslängd när det gäller kostnad, komplexitet och värde. Den mest studerade applikationen för second life-batterier är nätdriften, som har ökat stadigt bland OEM-tillverkare med liknande portfölj som Volvo. Kravet på nätdrift diskuteras främst i termer av effekt- och energikapacitet, vilket efter en utvärdering bedöms vara genomförbart då användningen i denna typ av drift återspeglar en liknande användning av batteri i en lastbil. Dessutom infördes en prismodell för andralivsbatterier baserad på en litteraturoversikt. Detta försäljningspris är beroende av inköpspriset för nya batterier, återanvändningskostnad och vinstmarginal, vilket innebär vikten av att få en korrekt mätning av återanvändningskostnaden. Återanvändningskostnaden är svår att definiera men det konstaterades att den varierar beroende på batteripaketets design och den demonteringsnivå som behövs. Efter att affärsvärdena och möjliga applikationer har diskuterats riktar projektet sin uppmärksamhet mot rekommendationssystemets arkitektur. Rekommendationssystemet består av 2 stora beslutsblock, som är:

1. förutsägelse av första och återstående nyttjandeperiod [RUL],
2. tre tillämpningar med en livslängd: återanvända, omtilldela och återvinna.

Den första livs- och RUL-förutsägelsen består av en modell för RUL som väljs utifrån litteraturoversikten. De tre andre-livsapplikationsblocken har värderingsformel / modell inuti som först kontrollerar kravet först innan utdatavärdet fastställs. Rekommendationssystemet väljer sedan den mest lönsamma applikationen, samtidigt som den återkopplar andre-livsvärdet till det första livsförutsägelseblocket för att maximera vinsten per batteripaket. Detta innebär att batteriet inte nödvändigtvis når slutet av livslängden som vanligtvis används inom industrin, så att det kan fungera bättre under den andra livslängden.

2 Executive summary in English

Battery is one of the most critical components in electrified vehicles in terms of performance, safety, weight, cost, volume, and sustainability. Automotive batteries may have many phases in life from cradle to grave (use, reuse, re-purposing, recycling etc.). They may serve various applications at different stages in life before being sent for recycling. Volvo's long-term goal is to make best use of batteries during their lifetime and enable their smooth transition from one of phase of life to another. In addition, we want to reduce the ecological footprint as well as cost of using and handling batteries.

The main high-level goal of the project was to investigate how to optimize decision making regarding handling of batteries over their complete lifecycle from beginning-of-life to end-of-life. In particular, this project was an early investigation study to propose potential methods and solutions for classifying and managing batteries over complete lifecycle based on their usage history, state-of-health, and potential future reuse/circulation scenarios.

The solution to this problem is to develop an automated recommender system that can accurately predict EoL, RUL, and residual value for Volvo's battery in their first life and make decision to assign application that will maximize the profit on each battery. This involves deepening the understanding of Volvo's battery data logging and processing strategy, developing the knowledgebase of second-life battery applications and market, and study on the automated battery life-cycle management and recommender system.

By reviewing our data logging strategy and scientific literature, it was found that with some improvements, we can have a suitable data logging system that will enable us to use state-of-the-art end-of-life (EoL) and remaining-useful-life (RUL) predictions. Such improvements are:

1. the usage of 1D and 2D histograms to capture the relationship between parameters such as SoC or voltage, temperature, and time duration,
2. the data collection scaled up to cell-level information instead of capturing minimum, maximum and average values of parameters in a module or pack.

The potential second-life battery applications were studied in the second work package. This study showed that power grid can be a suitable application for second-life applications of our batteries from commercial vehicles (Trucks, buses, construction equipment etc.). The cost effectiveness and requirement are discussed and shown that it is a promising strategy as the European energy prices are increasing rapidly. However, timing is also an important aspect as in the future there is a possibility that an efficient recycling process can greatly change the residual valuation step of battery recommender system.

Lastly, the recommender system model is discussed in detail, including the RUL prediction which relies on SoH prognostic model, and a residual valuation part that determines benefit from repurposing, reassigning, or recycling. After some literature review, it is presented that a very appealing data-driven SoH prognostic model with histogram-like data has promising results and looks feasible to be adopted by Volvo. The valuation part of the recommender system checks the requirement for each second-life application and values them using a price formula presented. There is also a feedback of value output from this part to the RUL prediction which enables the full-lifecycle management since the first life, i.e., if a battery pack is well approaching a recommended limit to match a requirement of second-life application and can yield greater value, the battery can be even determined to have reached EoL early for a higher long-term profit.

In short, this project resulted in recommendations and proposals for improvement of on-board battery data logging strategy, a set of second-life applications that are suitable for Volvo's batteries, and architecture as well as information/signal flow diagram of battery lifecycle management and recommender system.

3 Bakgrund

Energilagringssystem (ESS) baserat på litiumjonbatterier är bland de viktigaste men dyraste säkerhetskritiska komponenter i en elektrifierad drivlinan. ESS huvudsakliga högnivåfunktion är att leverera/ta emot ström och lagra energi på ett robust och säkert sätt. Volvo har ett brett utbud av kommersiella elfordon (CEV) inklusive HEV, PHEV, BEV, FCEV inom sina segment av bussar, lastbilar, anläggningsmaskiner och båtar. För att kunna hantera en sådan variation behöver vi ett modulärt ESS med flera batterier med olika egenskaper och formfaktor. Varje batteri inuti ESS har komplex icke-linjär dynamik och behöver ett batterihanteringssystem (BMS) med avancerade funktioner för att säkerställa optimal prestanda och lång livslängd. BMS kan bestå av funktioner på flera nivåer från inbyggd i fordonet (realtidsbehandling och beslutfattning) till extern (dvs. i molnet) för efterbehandling och fortsatt användningshantering. Ur slutanvändarens synvinkel är de två viktigaste BMS-funktionerna effekttillstånd (SoP dvs. ESS effektkapacitet) och energitillstånd (SoE, dvs. energi tillgänglighet i ESS) eftersom deras noggrannhet har direkt inverkan på fordonets prestanda, körbarhet, räckvidd och laddningstid. Dessutom är hälsotillstånd (SoH) en viktig information som tillhandahålls av BMS för beslut om batteribyte under fordonets livscykel.

I en typisk industriell praxis idag finns det flera förutbestämda kriterier för att definiera när ett batteri är uttjänta [EoL] för en given tillämpning. Det beror främst på fordonstyp, användningsmönster, prestandakrav (acceleration, räckvidd etc.) och ägarmodell (till exempel leasing kontra privat ägande). I de flesta fall byts batterier ut när tillverkarens garanti för att säkerställa minsta tillgängliga prestanda och / eller hälsa beträffande räckvidd (energikapacitet) och effektförmåga ej uppnås. I vissa andra fall kan batterier bytas ut/kasseras först när fordonet tjänat ut sin livslängd. På liknande sätt kan kriterier baseras på en kombination av olika inbyggda prestandafelkoder och andra fördefinierade SOH-tröskelvärden. Vid EoL i en tillämpning finns det inget standardiserat sätt att hantera de kasserade batterierna (dvs. vad man ska göra åt dem). För att korrekt hantera de kasserade batterier krävs batterier en grundlig bedömning av nuvarande hälsa. I detta avseende är en konventionell beslutsprocess för bedömning och klassificering av batterier mycket kostsam och tidsödande eftersom det innebär mycket manuell testning för att bestämma deras interna egenskaper och göra en prognos för deras framtida prestanda. De två funktionerna SoH och RUL (återstående livslängd) gör det tillsammans möjligt för oss att förutsäga förväntad livslängd (dvs. förväntat antal cykler, återstående prestandanivå (elektrisk räckvidd, tillgänglig energi, effektförmåga) eller energigenomströmning före slutet av livslängden) för batteriet tillsammans med vissa osäkerhetsgränser för en viss tillämpning. Det finns några nya studier och försök att minska några steg i denna beslutsprocess med hjälp av RUL-förutsägelsemetoder i molnet, men resultaten är fortfarande ganska preliminära. En av de största utmaningarna är att bedöma restvärdet (dvs. till exempel pris per kWh) av batterier för återanvändning i andra tillämpningar på grund av hög sannolikhet för icke-linjär åldring av batterier under senare delen av deras livstid. De flesta fysikbaserade och empiriska åldringsmodeller täcker den linjära delen av kapacitetsförsämring baserad på SEI-lagertillväxt. Även om forskningslitteraturen om modellering av icke-linjärt åldrande (abrupt kapacitetsförsämring) baserat på litiumplätering för fordonstillämpningar är ganska begränsad, har det funnits ett växande intresse inom både akademi och industri för vidare forskning.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Vid EoL i en tillämpning finns det inget standardiserat sätt att hantera de kasserade batterierna (dvs. vad man ska göra åt dem). För att korrekt hantera de kasserade batterier krävs batterier en grundlig bedömning av nuvarande hälsa. I detta avseende är en konventionell beslutsprocess för bedömning och klassificering av batterier mycket kostsam och tidsödande eftersom det innebär mycket manuell testning för att bestämma deras interna egenskaper och göra en prognos för deras framtida prestanda. De två funktionerna SoH och RUL (återstående livslängd) gör det tillsammans möjligt för oss att förutsäga förväntad livslängd (dvs. förväntat antal cykler, återstående prestandanivå (elektrisk räckvidd, tillgänglig energi, effektförmåga) eller energigenomströmning före slutet av livslängden) för batteriet tillsammans med vissa osäkerhetsgränser för en viss tillämpning. Det finns några nya studier och försök att minska några steg i denna beslutsprocess

med hjälp av RUL-förutsägelsemetoder i molnet, men resultaten är fortfarande ganska preliminära. En av de största utmaningarna är att bedöma restvärdet (dvs. till exempel pris per kWh) av batterier för återanvändning i andra tillämpningar på grund av hög sannolikhet för icke-linjär åldring av batterier under senare delen av deras livstid. De flesta fysikbaserade och empiriska åldringsmodeller täcker den linjära delen av kapacitetsförsämring baserad på SEI-lagertillväxt. Även om forskningslitteraturen om modellering av icke-linjär åldrande (abrupt kapacitetsförsämring) baserat på litiumpläteringar begränsad, finns det vissa ansträngningar.

Oavsett, de ovan nämnda metoderna för att hantera batterier vid deras EoL är långt ifrån optimala eftersom de inte tar hänsyn till helhetssynen på batteri som en resurs från vaggan till graven. Enligt vår kunskap finns det ingen väletablerad metod eller verktyg för att optimera den övergripande livscykelhanteringen av batterier (dvs. beslut om utbyte, återanvändning, återtillverkning, återvinning etc.) och deras klassificering med avseende på deras användbarhet för olika applikationer / användning. Detta kräver utveckling av robusta metoder för batterihälsa, klassificering och prediktiv hantering för att ta itu med följande tre kopplade nyckelfrågor som hindrar cirkulär ekonomi kring batterier:

1. Den ekonomiska risk som är förknippad med osäkra förutsägelser om batteriets hälsa och prestanda i framtiden,
2. Den automatiska klassificeringen av åldrade batterier enligt egenskaper och belastning.
3. Automatiserade beslut om omväxling, återanvändning, omtillverkning eller återvinning av batterier

Slutmålet är att minska batteriernas totala kostnad och koldioxidavtryck genom att på ett intelligent sätt hantera deras flöde och cirkulation i en viss population (dvs. batteripopulation). Detta kräver att man tar hänsyn till olika faktorer under batteriets livscykel, inklusive batteriets prestanda i ett visst fordon, restvärde för återanvändning i andra fordon / stationära tillämpningar, servicekostnad, logistikbegränsningar, återvinningskostnader etc. Kort sagt, detta kräver ett automatiskt batteriklassificerings- och livscykelhanteringssystem, som tar in alla dessa faktorer och ger rekommendationer om deras bästa sätt att använda i en tilltänkt tillämpning eller uppsättning relevanta tillämpningar. För kostnadseffektivitet och effektivitet är det mycket önskvärt att detta verktyg också automatiserar beslutsprocessen för klassificering av dessa batterier baserat på deras "godhet i passform" för ett visst ändamål utan att gå igenom kostsam laboratorie bedömning och testning. I detta avseende är den bevakande diagnosen och prognosen (dvs. RUL-förutsägelse ombord eller i molnet) för batteri hälsan med hjälp av modellbaserade och datadrivna metoder en viktig möjliggörande funktionalitet för optimalt beslutsfattande och klassificering.

Projektets främsta mål på hög nivå är att undersöka hur man kan optimera beslutsfattandet när det gäller hantering av batterier under hela deras livscykel från början av livscykeln till slutet av livslängden. Vårt huvudmål är att föreslå arkitektur på hög nivå för ovannämnda rekommendationsverktyg / system för att hantera batterier under hela deras livscykel för att maximera deras totala värde (kostnads- och prestandaoptimering) och för att förbereda en framgångsrik cirkulär ekonomi för hållbar framtid för energi- och transportsystem. Detta kräver en hälso-, livscykel- och tillämpningsmedveten beslutsflödesprocess för att möjliggöra intelligent batteriresursplanering och logistik från vaggan till graven, dvs. för att möjliggöra effektiva och kostnadseffektiva tillämpningar av batterier med garanterad prestanda från början till slutet av livslängden inklusive återtillverkning, återanvändning och återvinning.

5 Mål

Det huvudsakliga målet på hög nivå med projektet var att undersöka hur man kan optimera beslutsfattandet avseende hantering av batterier under hela deras livscykel från början till slutet. I synnerhet är detta projekt en tidig undersökningsstudie för att hantera detta slutmål där vi föreslår potentiella metoder och lösningar för att klassificera och hantera batterier under hela livscykeln baserat på loggad data om deras användningshistorik, hälsotillstånd och potentiella framtida återanvändnings- / cirkulationsscenarier.

Projektet var uppdelat i 3 arbetspaket för att uppnå ovanstående mål och rymma olika faser och omfattning av arbetet. Det första arbetspaketet omfattade förstudieanalys och utvärdering av dataloggningsstrategi och identifiering av brister. Det andra arbetspaketet omfattade studier av potentiella batteritillämpningar under andra livscykeln samt möjliga återanvändningsscenarier enligt Volvos batterispecifikationer/egenskaper och innehöll några rekommendationer om utbytesstrategi. Slutligen definierade det sista arbetspaketet modellutvecklingsstrategin och batterirekommendationssystemets arkitektur på hög nivå.

6 Resultat och måluppfyllelse

I WP1 introduceras rekommendationssystemets beskrivning på hög nivå efter en inledande studie av vad Volvo har, inklusive en analys av Volvos dataloggningsstrategi och databehandling. Analysen är i relation till hur Volvos befintliga dataloggningsstrategi kan användas i batterihälsoprognostisk modell, som är en del av rekommendationssystemet, och dess jämförelse med annan akademisk forskning från litteraturstudien. Rekommendationssystemet är ett beslutsystem som hybridiserade fördelarna med innehållsbaserad filtrering och kollaborativ filtrering; Den använder både tilldelning av attributdatabas och likheter mellan objekt för att ge rekommendationer. Vidare har vissa förbättringar föreslagits baserat på litteraturoversikt. Vissa förbättringar inkluderar användningen av 1D- och 2D-histogram förutom att logga minimi-/maximivärden för många parametrar, vilket skulle hjälpa till att fånga beteendet hos dessa tillstånd/parametrar i korrelation med temperatur och tid mer explicit. Förslagen kommer dock med vissa svårigheter som att bestämma storleken på fack för histogrammen eller höja datainsamlingen från packnivå till cellnivå, vilket förblev en utmaning. Det är också relevant att nämna här att på grund av sekretessfrågor kring fordons- och batteridata användes endast vissa metadata i detta projekt för analys och design. Denna begränsning påverkade en del av projektets omfattning och minskade behovet av att göra avancerad modellering och dataanalys. Ändå kom alla antaganden och begränsningar som användes för analys i detta projekt överens mellan två parter.

Den andra WP reflekterar över den tekno-ekonomiska sidan av detta projekt. Det började med att presentera de potentiella tillämpningarna av andrelivs-batterier, både stationära och icke-stationära applikationer. Den stationära tillämpning som främst diskuteras är nätdriften, vilket är ett mycket tilltalande val enligt historisk forskning och Volvos batteriproduktportfölj. Nätdriften studeras genom att bryta ner frekvensregleringarna i parametrar som batterikapacitet och effektbehov enligt Svenska Kraftnät. Dessa krav analyseras och kartläggs mot Volvos batteripaketsegenskaper, vilket visar god matchning mellan våra batterier och nätbelastningsegenskaper. Några verkliga implementeringsexempel diskuteras också för att visa omfattningen av driften och antalet batteripaket som krävs. Dessutom presenteras ett flödesschema som kartlägger från första till andra livslängd för batteripaket. Utvärderingen av detta flödesschema tyder på att om historiska användningsdata är tillgängliga kan analysen av second life-applikationer bli mycket mer kostnadseffektiv. Denna utvärdering kan ersätta de tidskrävande utvärderingstesterna vid återanvändnings-/återtillverkningsanläggningen men med en specifik förutsättning att en så kallad knäpunkt inte ska uppstå i batteriets hälsa. Slutligen presenteras den ekonomiska analysen av kostnaden för återanvändning av batterier från första till andra livet baserat på en akademisk studie, som visar att demontering av en förpackning för att sänka olika nivåer har höga kostnader. En prisformel för inköp av batterier med andra livslängd presenteras, som inkluderar den nya batterikostnaden, SoH / RUL, och återanvändningskostnaden, där de två senare måste bedömas exakt eftersom de starkt påverkar batteriets rest- / återförsäljningsvärde.

Det tredje (sista) arbetspaketet består av två kapitel: en litteraturoversikt av Li-ion-batterihälsomodeller och RUL-förutsägelse och rekommendationssystemmodellen. I det första kapitlet granskas batteriåldringsmodellerna och RUL-förutsägelsemetoderna. Några av åldrande-mekanismerna och stressfaktorerna är motiverade att vara en viktig input eller relevanta för många av de modeller som presenteras. De typer av modeller som presenteras är empiriska, adaptiva och datadrivna åldrandemodeller, med några akademiska implementeringsexempel. En av de bästa metoderna som diskuteras i detta arbetspaket är en maskininlärningsmodell baserad på histogramliknande data, som anses

lämplig och lätt att tillämpa enligt Volvos nuvarande strategi för loggning av batteridata. Med undantag för detta tillvägagångssätt drog vi slutsatsen att många toppmoderna metoder/modeller i akademiska forskningsartiklar utgör vissa svårigheter för inbyggda tillämpningar på grund av att mät- och uppskattningsdata på cellnivå från BMS inte är tillgängliga (till exempel användnings- och hälsorelaterade parametrar är vanligtvis inte på cellnivå på grund av minnes- och bearbetningsbegränsningar). Det andra kapitlet visar arkitekturen för det föreslagna automatiserade livscykelhanterings- och rekommendationssystemet, där in- och utgångar för varje del av rekommendationssystemet definieras och diskuteras i detalj. Det automatiska rekommendationssystemet syftar till att starta från batteriernas första livslängd och kontinuerligt övervaka och bedöma varje batteripaket tills deras livslängd är slut. Kriterierna för uttjänta produkter [EoFL] definieras inte bara med SoH, utan också med avseende på önskad prestandanivå. Ett annat viktigt tillägg till EoFL-kriterierna är återkopplingen från andra livmätning för att maximera batteriets värde. Varje batteripaket kommer att genomgå ett värderingssteg för att få det maximala värdet, oavsett om smeten ska återanvändas, omfördelas eller återvinnas. Detta innebär att batteriet inte automatiskt går till ett tuffare alternativ, till exempel skulle omfördelning kosta mindre än återanvändning eftersom inget dyrt rivningssteg krävs. Ett exempel på värderingsberäkning i steget för återanvändning och omfördelning ges baserat på metadata som delas av Volvo för att demonstrera den återstående värderingsfunktionen. Återvinningsprocessen i detta rekommendationssystem förblir en framtida uppgift eftersom det finns många oklara faktorer som påverkar det, vilket gör det svårt att göra noggrann analys.

I korthet resulterade studien i rekommendationer och förslag till förbättring av ombordstrategi för batteridataloggning, en uppsättning andrelivs-tillämpning som är lämpliga för Volvos batterier, och arkitektur samt informations-/signalfödesschema för "Battery Life-Cycle Management & Recommender System".

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

How have/are the project results to be used and disseminated?	Select with X	Comment
Öka kunskapen inom området	X	Studien resulterade i ökad kunskap (rekommendationer och förslag) för förbättring av batteridataloggningsstrategi, kartläggning av andra hands tillämpningar och arkitektur av verktyg/tjänst för optimal hantering av batterier från vaggan till graven.
Vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Vi kan komma att använda projektresultat i framtiden för ytterligare FoU-arbete med detta ämne.
Överfört till produktutvecklingsprojekt	---	----
Introducerad på marknaden	---	----
Användas i utredningar/förordningar/tillståndsärenden/politiska beslut	X	Resultaten kan vara användbara för att definiera framtida batteriregler.

7.2 Publikationer

Inga forskningspublikationer (förutom internatekniska rapporter) planerades ursprungligen i detta projekt på grund av sekretess och IP-skäl.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet delades in i tre arbetspaket för att rymma olika faser och omfattning av arbetet. Det första arbetspaketet omfattade förstudieanalys och utvärdering av dataloggningsstrategi och identifiering av luckor. Det andra arbetspaketet omfattade studier av potentiella batteritillämpningar under andra livscykeln samt möjliga återanvändningsscenarier enligt Volvos batterispecifikationer/egenskaper och innehöll några rekommendationer om utbytesstrategi. Slutligen definierade det senaste arbetspaketet utvecklingsstrategin för SoH/RUL-förutsägelsemodellen och batterirekommendationssystemets arkitektur på hög nivå. Litteraturstudie gjordes, och dess resultat motiverades till många delar av rekommendationssystemet och den föreslagna strategin.

En intressant syn på fortsättningen av denna forskning inkluderar att utveckla och validera den datadrivna SoH-prognostiska modellen med hjälp av det föreslagna tillvägagångssättet, sedan med denna modell kan det automatiserade rekommendationssystemet testas med våra interna data. Nätdriften kan också studeras på en djupare nivå, med olika typer av batterikemi och batteripaketformfaktorer. Å andra sidan skulle det vara mycket användbart att utveckla en ram för logistiken för återanvändning av fordonsbatteripaket till en annan applikation, med ekonomisk synvinkel hävdad.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Volvo Group:

V O L V O

Nortical:

