Обзорная статья  
Том 1, выпуск 3 - сентябрь 2017  
DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565Робот-автомат Eng J  
Copyright © Все права защищены b y Utpal Roy  
Информационная модель планирования демонтажа для   
Проблема с последовательностью разборки  
Биченг Чжу и Утпал Рой\*  
Сиракузский университет, США  
Отправлено: 21 июня 2017 г.; Опубликовано: 22 сентября 2017 г.  
\* Автор-корреспондент: Утпал Рой, Сиракузский университет, США, тел.: ; Электронная почта:   
Вступление  
Разборка, как основной этап восстановления продукта EOL,  
определяется как “систематический метод разделения продукта  
на его составные части, компоненты и подсборку” [1].   
Как потенциальная экономическая выгода, так и нормативные акты  
мотивируют изучение моделирования  
и внедрения процесса разборки продукта EOL  
, а “оптимальное” проведение процесса разборки играет решающую роль во всем процессе  
утилизации продукта EOL. На протяжении многих лет  
в области разборки продукта применялись различные методы, начиная от теории сетей и заканчивая математическим программированием  
[2].   
К сожалению, очень немногие исследования рассматривают проблему с  
информационной точки зрения, что, по мнению автора, является  
узким местом текущих исследований, связанных с разборкой. В  
деталях проблема заключается в том, что специалисты по планированию демонтажа обладают ограниченными  
знаниями о том, какая информация имеет решающее значение при планировании  
процесса демонтажа, как получить доступ к этой информации и,  
наконец, как использовать обновленную информацию на месте (которая  
неизвестна в начале процесса демонтажа) для  
динамической адаптации процесса демонтажа. “оптимальный”  
план процесса демонтажа. Кроме того, продукт EOL в высшей степени независим и  
требует индивидуального подхода, что еще  
больше усугубляет вышеупомянутые проблемы.  
К счастью, с появлением Интернета у disassembly  
research появилась возможность сделать рывок вперед и преодолеть  
упомянутые выше препятствия. Две конкретные процветающие  
технологии под эгидой интеллектуального производства,  
такие как Интернет вещей (IoT) и устройства жизненного цикла (LCU),  
уже обсуждались в исследовательском  
сообществе disassembly на предмет таких идей, как будущее восстановление на основе облачных технологий   
[3] и информационная служба семантического восстановления [4]. Кратко,   
IoT предоставляет сеть для соединения различных физических объектов,  
что позволяет дистанционно обнаруживать их и управлять ими через  
существующую сетевую инфраструктуру, создавая возможности для  
более прямой интеграции физического мира в  
компьютерные системы и приводя к повышению эффективности, точности  
и экономической выгоды. С другой стороны, LCU разработан  
специально для процесса разборки изделия. Как упоминалось  
ранее, на завод по разборке непрерывно поступают различные изделия  
для разборки, и  
для каждого изделия необходимо принимать индивидуальные решения относительно оптимальной последовательности разборки  
. Трудно априори предсказать какие-либо заранее определенные  
последовательности процесса разборки, поэтому необходима подробная  
информация о том, как разбирать каждое поступающее изделие  
. LCU предлагается в соответствии с идеей децентрализации этой  
информации путем интеграции физического устройства под названием Life Cycle   
Единиц измерения (LCU) в каждом продукте. В LCU хранится информация  
, необходимая для разборки. При наличии достаточного количества информации  
о разборке изделия  
может быть сгенерирована оптимальная последовательность разборки на основе фактического физического состояния EOL   
продукт. Объединяя технологии LCU и IoT  
, LCU может считывать и собирать индивидуальную информацию о продукте EOL  
и передавать ее в центральный продукт   
Система управления жизненным циклом (PLM) через сеть интернета вещей.   
Теперь исследователи дизассемблирования могли бы обладать потенциалом для  
решения проблемы информационного "узкого места" дизассемблирования.  
Робот-автомат J 1(3): RAEJ.MS.ID.555565 (2017) 0076Abstract  
Эта работа решает проблему последовательности разборки на основе информационной модели генератора последовательности разборки, которая является  
подмоделью, принадлежащей информационной базе разборки, называемой информационной моделью разборки (DIM). DIM разработан на основе обширного  
исследования различных информационных аспектов в области планирования демонтажа и представляет собой соответствующую систематизацию и  
классификацию информации, связанной с продуктами, процессами, неопределенностями и ухудшениями качества. В этой статье цель состоит в том, чтобы частично подтвердить   
ЗАТЕМНЯЙТЕ модель, используя ее для решения проблемы последовательности разборки.

0077  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Инженерный журнал по робототехнике и автоматизации В этой статье мы разработали информацию о разборке   
Модель (DIM), которая может быть интегрирована в текущую интеллектуальную   
Производственная парадигма для эффективного планирования  
работ по демонтажу. Информация, связанная с планированием демонтажа  
, выявляется и обобщается с помощью обширных  
обзоров литературы, и ее можно разделить на соответствующие подмодели.   
Для решения проблемы компромисса между возможностью повторного использования и удобством использования предложена методология разработки многоуровневой информационной модели (IM)  
  
. Разработанный DIM далее внедряется в  
язык веб-онтологий (OWL), с помощью которого соответствующая  
информация может быть вычислительно проанализирована и использована.   
Валидация модели DIM осуществляется посредством  
разработки приложений, связанных с планированием разборки, и  
в этой работе разработан один прототип приложения под названием “Генератор последовательности разборки”  
.  
Обзор литературы  
В этом разделе проводится всесторонний обзор научной базы и  
установление технической терминологии, связанной с этой  
работой. Последовательно подробно обсуждаются две основные  
темы: (1)  
Проблема планирования разборки продукта EOL и (2) Информационная модель и онтология.   
Затем излагаются выводы и наблюдения из обзора литературы  
, которые выявляют потенциальные  
возможности (гипотезы) для исследования планирования демонтажа  
посредством интеграции трех различных, но взаимосвязанных  
областей интересов.  
Планирование демонтажа изделия EOL  
  
Для решения задачи планирования демонтажа были предложены различные подходы и методы планирования, и большинство из  
них подпадают под следующие категории.   
Подход, основанный на графах:  
структура системы, процесса, продукта, организации и т.д.   
Их можно рассматривать как абстракцию реальности.   
Теория графов использовалась в качестве мощного инструмента для решения  
проблем планирования разборки, и  
в таких методах обычно используются модели представления, такие как схема соединений и / ИЛИ граф  
. Характеристики и функции  
системы разборки явно выражены на графике  
, и далее применяются различные алгоритмы поиска для  
нахождения всех возможных последовательностей разборки в соответствии с  
топологическими, геометрическими и техническими ограничениями.   
Далее применяются различные стратегии для определения оптимальной последовательности  
с учетом эффективности плана и  
рентабельности. Ниже кратко обсуждаются несколько выдающихся подходов, основанных на графах  
.   
Пенев и др. [5] используется И/ИЛИ теория графов и методы  
динамического программирования для генерации и оценки  
осуществимых планов разборки.   
Для определения оптимального уровня демонтажа вводится новая экономическая модель.   
Чжан и др. [6] разработали основанный на графах эвристический подход  
для генерации последовательностей разборки непосредственно из CAD-системы. Они предложили график Компонент-крепежное изделие для  
анализа взаимосвязи сборки изделия, а  
для упрощения процесса анализа разборки на графике дополнительно применяется поиск вершины разреза и декомпозиция изделия EOL на несколько  
подсборок  
. Мурайма и др. [7] описал  
генерацию последовательности разборки с использованием идеи  
информационной энтропии и эвристики для замены компонентов на  
этапах технического обслуживания.   
Преимущество этого метода заключается, прежде всего, в сокращении  
времени поиска и мест для  
последовательностей разборки. Автор также разработал программное  
обеспечение, интегрированное с системой САПР, и провел эксперимент  
для электродрели с использованием этого инструмента.   
Канаи и др. предложили систему информационного моделирования на основе графиков для представления процесса разборки и  
планирования вторичной переработки потребительских товаров  
. [8]. Были представлены четыре вида графиков:  
a. График конфигурации узлов или фрагментов;  
b. График соединений между деталями и материалами;  
c. График процессов разборки, измельчения и  
сортировки;  
d. График условий извлечения. Правила и процедуры для  
преобразования моделей этих видов деятельности  
сформулированы единообразно. В качестве примера для  
демонстрации предлагаемого метода, основанного на графах, используется пылесос.  
Подход, основанный на сети Петри: Помимо традиционного  
подхода к анализу разборки на основе графиков, Petri-Net (PN),  
как графический и математический инструмент, предоставляет единую  
среду для моделирования и анализа как статических, так и  
динамических дискретных событий. Они обеспечивают очень многообещающий  
метод генерации последовательности разборки. Зуссман и др. [9]  
предложил полную и математически обоснованную разборку   
Подход сети Петри (DPN) к моделированию процессов разборки.   
В их работе были обсуждены подробная конструкция и преимущества  
предлагаемого DPN  
и предложен алгоритм поиска на основе DPN для генерации   
из плана демонтажа. Они еще больше расширили эту работу   
Зуссман и др. [10] и предложили систему проектирования и внедрения  
адаптивного планировщика процессов для  
процессов демонтажа. Система также учитывает проблему неопределенности  
, вызванную различными условиями эксплуатации продукта. Мур и др. [11]   
разработан алгоритм автоматической генерации DPN  
на основе матрицы приоритета разборки. DPN, представляющий  
конкретные отношения приоритета между деталями, может быть  
получен из представления продукта в САПР. Уменьшенный   
Далее был предложен алгоритм дерева достижимости для  
определения почти оптимального плана процесса разборки на основе использования  
DPN.   
Подход, основанный на искусственном интеллекте: было предпринято много попыток с использованием   
Все методы (генетические алгоритмы, методы муравьиных колоний, нечеткая  
логика, нейронные сети и т.д.) в последовательности разборки

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0078  
Оптимизация журнала Robotics & Automation Engineering Journal. Цель состоит в том, чтобы сократить это время путем поиска  
наилучших последовательностей разборки без анализа всех  
возможных альтернатив. Ниже обсуждается несколько примеров:   
Пример использования нечеткой логики при планировании демонтажа  
предложен Chevron и др. [12]. Основная цель состоит в том, чтобы найти последовательность  
демонтажа, требующую минимального  
времени завершения, принимая во внимание нечеткую модель процессов  
и ограничения в доступном инструменте, режимах разрушения и т.д.   
Проблема генерации последовательностей разборки  
рассматривается как проблема коммивояжера (путешественник - это  
продукт, а города - операции со  
временем их обработки). Используется модифицированный метод ветвей и границ с  
целевой функцией, оцениваемой в соответствии с нечеткими параметрами.   
Синь Хао и др. [13] предложили нейросетевой подход к  
планированию задачи разборки. Генерация последовательностей снова рассматривается как вариант  
задачи коммивояжера: найти последовательность  
компонентов, подлежащих разборке (города), с наибольшей  
прибылью (кратчайшее расстояние). К этой задаче можно подойти  
с помощью нейронной сети Хопфилда. В качестве входных данных  
используется матрица нейронов N на N: строки матрицы x  
указывают на запланированные операции разборки, а столбцы  
- на последовательности разборки [14]. Предложена модель линейного программирования (LP)  
для решения задач планирования демонтажа. Модель LP пытается найти  
оптимальную последовательность разборки, основанную на максимизации  
общей стоимости извлеченных деталей/подсборки и минимизации  
общих затрат на операцию разборки, связанных с ними.   
Краткое описание методов планирования демонтажа представлено  
в таблице 1 выше.   
Здесь можно выделить несколько важных наблюдений:   
Таблица 1: Краткое изложение рассмотренных работ по планированию демонтажа.  
Задействованная информация о модели представления автора  
Пенев и др. [5] И/ИЛИ изобразите продукт, процесс  
Zhang & Kuo [6] Компонент-Крепежная деталь, Крепежная деталь, изделие  
Мурайма и др. [7]Информационная энтропия встроенного продукта  
graphProduct  
Канаи и др. [8]График конфигурации График подключения   
График исходного состояния процесса Информационный продукт  
о состоянии процесса Zussman et al. [9] Процесс разборки сетки Петри, продукт  
Мур и др. [11] Разборка матрицы приоритета Разборки   
ПетриНетПроцесс, продукт  
Chevron и др. [12]Процессы и оборудование, основанные на нечеткой логике   
Моделируемый процесс, продукт, неопределенность  
Синь Хао и др. [13] Продукт, процесс разборки нейронной сети  
Lambert [14] И/ИЛИ graph Process  
a. Модель представления в качестве входных данных для планировщика  
дизассемблирования разработана собственником, и  
в области дизассемблирования не существует общих концепций или терминологий, идентифицированных  
, несмотря на то, что задействованная  
информация (продукт, процесс и т.д.) имеет общие черты  
между различными методами. Необходима информационная основа в  
области разборки.   
б. Модель представления не подходит для полной  
поддержки сбора и аналитики информации о жизненном  
цикле в рамках парадигмы интеллектуального продукта и Интернета вещей. В частности,  
нам нужен информационный механизм, который мог бы рассматривать каждый  
отдельный продукт EOL как уникальный и общедоступный  
источник информации и связывать его с соответствующей другой информацией,  
необходимой для приложения планирования демонтажа. Этот  
вопрос будет подробно рассмотрен в следующих обзорных  
разделах.   
c. Хотя схожие концепции пересекаются в различных  
моделях планирования разборки, повторное использование этих концепций  
изучено очень мало, что  
отнимает много времени на разработку приложения CADP. Информационная модель и онтология  
Информационная модель, иногда называемая онтологией, представляет  
собой согласованное моделирование концепций и взаимосвязей в  
интересующей области. На протяжении многих лет исследователи вносили свой вклад в  
разработку IM или онтологии в области производства,  
уделяя особое внимание различным аспектам. Ниже приводится обзор некоторых заметных работ  
.  
Лейманьян и др. [15] разработали технологию производства   
Семантическая онтология (MASON) для формального описания концепций  
, связанных с обрабатывающей промышленностью. Семантика, связанная  
с сущностью, ресурсами и операцией, была зафиксирована в формальной  
логике с использованием языка веб-онтологий (OWL). Были обсуждены два приложения, связанные  
с автоматической оценкой затрат и  
многоагентной системой с семантической поддержкой для производства, чтобы  
продемонстрировать полезность предложенной онтологии MASON   
[16] выбрал область проектирования для производства (DFM) для  
своего докторского исследования, и в нем исследуются три основных аспекта.   
Во-первых, предлагается и разрабатывается обобщенная онтология DFM,  
которая удовлетворяет математическим и логическим ограничениям, необходимым  
в области DFM. Во-вторых, средства, позволяющие направлять пользователей к  
нужной информации и интегрировать разнородные данные

0079  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Исследованы ресурсы журнала Robotics & Automation Engineering Journal. В-третьих, разработан инструмент поддержки принятия решений  
, помогающий проектировщикам систематически рассматривать проблему проектирования  
на основе разработанной онтологии DFM.   
Паван [17] разработал онтологию, названную Дизайном   
Онтология деятельности (DAO) для явного представления проектной  
деятельности, которая может охватывать этапы процесса проектирования от  
концептуальной фазы до этапа детального проектирования. Онтология  
предоставляет формализованный и структурированный словарь проектных  
действий для обмена моделями процессов проектирования и,  
кроме того, позволяет согласованно моделировать, анализировать  
и оптимизировать процессы проектирования. Ким и др. [18] предложили  
систему совместного проектирования сборок, которая предлагает общую  
концептуализацию моделирования сборки и сборки   
Онтология проектирования (AsD) разработана для того, чтобы отразить общие  
намерения продукта. Утверждается, что AsD служит формальной, явной  
спецификацией дизайна сборки, что делает  
знания о сборке как машинно интерпретируемыми, так и доступными для совместного использования.   
Некоторые промышленные усилия также были направлены на  
разработку информации, связанной с производством   
Модель, заметным достижением в этой области руководит NIST. Одной  
из их работ является базовая модель продукта NIST (CPM), которая  
представляет собой модель на основе унифицированного языка моделирования (UML), предназначенную для  
сбора всего спектра инженерной информации, обычно  
используемой при разработке продукта [19]. CPM фокусируется на моделировании  
общей информации о продукте и  
исключает информацию, специфичную для конкретной предметной области. NIST  
разработал еще одну информационную модель, получившую название “Открытая сборка   
Модель” (OAM) Байсал и др. [20], которая расширяет CPM. Наряду  
со структурной информацией, он представляет функцию,  
форму и поведение сборки и определяет  
концептуальную модель системного уровня.Недавно NIST также предложил информационную  
модель дизассемблирования Feng et al. [21] и, насколько известно автору, это  
первая попытка разработать информационную  
модель, связанную с дизассемблированием. Однако в информационной  
модели разборки NIST основное внимание уделяется повторному использованию, техническому обслуживанию и вторичной переработке, а  
информация, касающаяся планирования разборки, рассматривается недостаточно  
полно. Кроме того, проблема компромисса между возможностью повторного использования и удобством  
использования не рассматривается в информационной модели разборки NIST.   
Наконец, информационная модель разборки NIST остается на  
концептуальной стадии, и реализация в рамках парадигмы  
интеллектуального продукта и интернета вещей не была осуществлена.   
Обзор информации о планировании демонтажа   
Модель (ТУСКЛАЯ)  
Анализ требований к информации о разборке был  
проведен в рамках предыдущего исследования автора [22]. В целом,  
DIM должна включать информацию, относящуюся к аспектам  
продукта, процесса, неопределенности и деградации, и  
моделирование которой включает определенные  
шаблоны информационного моделирования, такие как n-арная взаимосвязь, взаимосвязь "часть-целое" и т.д.   
С другой стороны, DIM также должен обеспечивать определенный баланс  
между удобством обмена мгновенными сообщениями и возможностью повторного использования. Таким образом,  
была предложена методология многоуровневого моделирования, в которой DIM был  
разделен с помощью слоев (рис. 1), с намерением  
разделить общие знания на различные уровни абстракции.   
Кроме того, соблюдается правило “минимальной онтологической приверженности” [23]  
, что означает, что каждый уровень содержит только концепции/  
взаимосвязи и аксиомы, которые необходимы для функционирования  
текущего уровня. Информация, которая не является существенной для целей  
слоя, передается на более низкие уровни. Подробная информация о каждом  
слое представлена следующим образом:  
Рисунок 1: Общая структура DIM.  
Абстрактный слой  
 Информационные модели на абстрактном уровне содержат  
фундаментальные концепции моделирования, которые не зависят от  
конкретной проблемы или предметной области и поэтому могут быть универсально применены. Они описывают рекомендации по проектированию (шаблон проектирования)  
для построения других подмоделей в DIM.   
К этому слою относятся такие модели, как n-арная взаимосвязь, взаимосвязь "часть-целое", графовая модель  
и системная модель.

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0080  
Доменный уровень журнала Robotics & Automation Engineering Journal   
Информационные модели на уровне предметной области отражают  
ключевые моменты  
в процессе планирования в нашем случае, и они, как правило, не нацелены на решение  
конкретной проблемы или задачи, а скорее обеспечения  
основы знаний о предметной области для целого ряда различных приложений.   
Таким образом, информационная модель, находящаяся на этом уровне, более  
специфична, чем модели абстрактного уровня, но менее специфична  
, чем модели нижнего уровня (прикладной уровень). Большая часть  
необходимой информации о предметной области разборки (продукт, процесс и  
т.д.) реализована в моделях на этом уровне.  
Прикладной слой  
 Представляет наиболее конкретную информационную модель, которая  
непосредственно применима для определенного приложения планирования демонтажа.   
В этой статье основное внимание уделяется двум приложениям планирования разборки:  
a. Генератору последовательности разборки и  
b. Адаптивному планированию разборки.   
Такая многоуровневая методология разработки DIM требует   
Я учитываю проблему компромисса между возможностью повторного использования и удобством использования.   
Абстрактные или общие знания моделируются в подмоделях  
, расположенных на верхнем уровне DIM. Они предоставляют различные  
шаблоны проектирования, которые могут быть повторно использованы в различных  
контекстах приложений и обычно не могут быть использованы напрямую из-за высокой  
абстракции. С другой стороны, знания в моделях  
, находящихся на нижнем уровне, готовы к использованию, но обычно  
зависят от конкретного приложения и, следовательно, вряд ли могут быть перенесены в другие  
приложения. Информационные модели на каждом уровне DIM  
содержат знания с определенной степенью повторного  
использования, и полезность знаний обычно увеличивается по мере уменьшения возможности повторного использования при переходе от верхнего к  
нижнему слоям DIM. В следующих разделах подробно представлена подмодель DIM “  
Информационная модель генератора последовательности разборки”  
на прикладном уровне, другие подмодели  
в аннотации и предметной области можно найти в [23].   
Информационная модель генератора последовательности разборки  
В этом разделе представлены подробности, связанные с разборкой   
Информационная модель генератора последовательностей. Мы начнем с  
проблемы генерации последовательности разборки в разделе 5.1. Далее,  
требования к генератору последовательности разборки   
Информационная модель, размещенная на прикладном уровне  
разработанного DIM, подробно представлена в разделе 5.2. Раздел   
5.3 представлен подробный генератор последовательности разборки   
Информационная модель, использующая диаграмму классов UML в качестве графического  
обозначения. Подробный алгоритм применения для выполнения  
процесса генерации последовательности и оптимизации представлен  
в разделе 5.4. Наконец, глава завершается в разделе 5.5   
с тематическим исследованием для проверки процедуры подачи заявки.   
Описание проблемы с последовательностью разборки  
Последовательности разборки - это перечень процессов разборки  
(таких как разделение сборки на две или  
более подсборки или удаление одного или нескольких соединений  
между компонентами), с помощью которых продукт EOL может  
быть разделен на небольшие части. В отличие от процесса сборки,  
который обычно следует заранее определенной последовательности шагов для  
достижения конечного результата, большая часть планирования разборки  
предусматривает несколько возможных последовательностей разборки. Последовательность разборки  
считается осуществимой, если она удовлетворяет геометрическим и  
топологическим ограничениям, связанным с продуктом EOL. Подробные  
определения этих ограничений описаны ниже.  
Рисунок 2: Примеры топологической осуществимости.  
Топологическая осуществимость:  
для соединений в изделии EOL. В идеальном, так называемом  
случае “сильно связанного продукта”, когда каждый компонент  
в продукте связан со всеми другими компонентами  
(содержит максимальное количество возможных соединений), каждое  
подмножество компонентов может рассматриваться как топологически  
выполнимая подсборка (топологические ограничения отсутствуют).   
В качестве примера, показанного на рисунке 2а ниже: продукт с  
четырьмя компонентами классифицируется как продукт с сильной связью, потому что каждый компонент в продукте связан  
со всеми другими компонентами (например, компонент A связан  
с компонентами B, C и D). Таким образом, все комбинации  
компонентов можно рассматривать как возможный узел (AB,   
AC, ABC и т.д.).   
Однако в реальной ситуации количество подключений  
может быть намного меньше, чем в максимально возможном случае, что  
накладывает определенные топологические ограничения на продукт. В одном

0081  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal поскольку продукт не имеет сильной связи, всегда существует по крайней мере  
одно подмножество компонентов, которое не связано. Следовательно, это  
подмножество не соответствует подсборке. На рисунке 2b показан  
сценарий продукта без сильной связи. В этом примере  
подмножество AB не является подсборкой, поскольку компонент B не  
соединен с компонентом A. Такое топологическое ограничение приводит  
к невозможности отсоединения компонента A и компонента B  
вместе как подсборки.   
Геометрическая осуществимость: геометрические ограничения   
объясняет непрактичность конкретных процессов разборки  
, которые геометрически затруднены присутствием некоторых  
других компонентов.   
Для определения осуществимости определенного процесса демонтажа необходимо учитывать два уровня геометрических ограничений  
.   
a. Возможность отсоединения: компонент или подсборка могут быть отсоединены без помех (т.е.  
  
для  
отсоединения существует путь, свободный от столкновений). b. Стабильность: способность продукта для стабильного соединения его  
компонентов друг с другом.   
Осуществимый процесс разборки не должен приводить к нестабильности  
узла (узел самопроизвольно разваливается).   
без какого-либо другого последующего осуществимого процесса демонтажа.   
В качестве примера, показанного на рисунке 3, оба примера изначально стабильны  
. Процесс разборки: изучается “отсоединение детали С”  
, в результате чего получится нестабильный узел (деталь   
B является подвижным) в обоих примерах. Однако за “отсоединением  
детали С” в примере 2 может последовать другой возможный  
процесс разборки (отсоединение детали В) и, в конечном итоге  
, привести к полной разборке изделия. Таким образом, мы по-прежнему считаем  
“отсоединение детали С” возможным процессом разборки  
изделия в примере 2, даже несмотря на то, что это приводит к нестабильному  
состоянию. Однако в примере 1 деталь В не отделяется от  
изделия после отсоединения детали С (дальнейшего последовательного  
процесса разборки не существует). Таким образом, “отсоединение детали С”  
не является возможным процессом разборки, как показано в примере 1 на рисунке 3.   
Рисунок 3: Пример, объясняющий стабильность продукта.  
Определение всех возможных последовательностей процесса разборки  
является только первой целью  
задачи определения последовательности разборки; вторая цель заключается в использовании метода оптимизации  
для всех возможных последовательностей разборки для получения  
экономически оптимального процесса разборки. Цель  
оптимизационной модели - найти наилучший ”путь разборки".   
(среди возможного набора последовательностей демонтажа), которые  
позволяют свести к минимуму затраты на процесс демонтажа и максимизировать  
доход от извлекаемых компонентов. Таким образом, цели  
задачи определения последовательности демонтажа можно разделить на  
две категории:  
a. Определить все возможные последовательности процессов демонтажа  
; b. Получить оптимальную последовательность процессов демонтажа  
с учетом экономических выгод.  
  
Анализ требований к информации генератора последовательности разборки на основе определения проблемы, представленного в разделе   
4-1, информация, необходимая для решения  
проблемы последовательности разборки, может быть рассмотрена с трех точек зрения следующим  
образом:  
Информация, относящаяся к топологической  
конфигурации продукта: В подмодели продукта, расположенной на доменном  
уровне DIM, информация, относящаяся к  
структуре или топологии продукта EOL, была смоделирована путем введения  
классов Product, SubAssembly и Component [23]. В процессе  
разборки более подробная классификация   
Класс подсборки должен быть разработан более детально. В качестве примера,  
на рисунке 4, “Part6-Part1-Part2” может быть экземпляром   
Класс подсборки, поскольку они топологически связаны (часть   
6 соединен с частью 1, а часть 1 соединена с (контактным  
соединением) частью 2). Однако, с точки зрения  
разборки продукта EOL, такая комбинация нереалистична. Мы бы  
предпочли выбрать подсборку “Часть6-Часть1-Часть5” или подсборку

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0082  
Инженерный журнал по робототехнике и автоматизации “Часть 2-часть 8-часть 3-часть 9-часть 4” для узлов-кандидатов  
, которые будут отсоединены от продукта EOL. Таким образом, два новых типа  
узлов, называемых контактным контуром и кластером контактных контуров,  
моделируются для лучшего решения задачи определения последовательности разборки  
, и их формальные определения подробно приведены в разделе 5.3.  
Рисунок 4: Пример, объясняющий топологию продукта   
Конфигурация.  
Информация, относящаяся к геометрическим  
ограничениям изделия: Геометрические ограничения являются наиболее важными  
в отношении с и д е р а т и о н с и н т е п л а н н и н г о ф д и с а с с е м б л и, в частности их можно  
далее разделить на два типа: локальные геометрические  
ограничения и глобальные геометрические ограничения. Локальные  
геометрические ограничения не позволяют компонентам перемещаться в определенных направлениях, в то время как глобальные геометрические  
ограничения не позволяют компоненту полностью отделяться  
от изделия EOL. Давайте возьмем продукт из рисунка   
3a в качестве примера, часть C локально ограничена частью B и   
Часть A вдоль направления ±x и–y и глобально  
ограничена частью A вдоль направления ±x. Однако часть   
C является съемным вдоль направления +y, таким образом, глобальных  
геометрических ограничений вдоль этого направления нет.   
Моделирование глобальных геометрических ограничений  
требует полного описания граничного представления  
всего продукта, что приведет к получению очень большой информационной  
структуры. Таким образом, мы включаем в разборку только информационные элементы,  
связанные с локальными геометрическими ограничениями   
Информационная модель генератора последовательностей, глобальная геометрическая  
модель c o n s t r a i n t s a r e b e i n g h a n d l e d u s i n g a C A D -A PI b a s e d s i mu l a t i o n  
подходите. Таким образом, комплексное представление  
границ всего изделия сводится к одной информации, которая  
указывает местоположение и имя соответствующего файла САПР.   
Детали подхода к моделированию подробно описаны в разделе   
4-4.  
Экономическая информация: Последнее требование  
к информации относится к экономической оценке плана демонтажа.   
Оценка основана на доходе, который операторы демонтажа  
могут ожидать от извлеченного компонента или подсборки, и  
затратах, затраченных на проведение процесса демонтажа  
. Такая информация необходима для процесса  
оптимизации разборки.  
Рисунок 5: Структура информационной модели генератора последовательности разборки.

0083  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal Формальная информационная модель генератора последовательности разборки  
  
Информационная модель генератора последовательности  
разборки обрабатывает информацию, необходимую для  
решения задачи определения последовательности разборки. Он находится на прикладном уровне  
DIM и расширяется на основе уровня домена   
Модель продукта. Общая структура показана на рисунке 5  
ниже. Мы опишем модель в соответствии  
с требованиями к информации, указанными выше, в следующих разделах.   
R1: Информация, относящаяся к топологической  
конфигурации изделия: Как упоминалось выше, два специальных типа   
Класс подсборки с именами Contact-Loop и Contact-Loop   
C lu s t er a r e i nt , приведенный для последующей сборки в соответствии с требованиями .   
Подробная информация об этих двух концепциях представлена ниже.Концепция контактного контура: Основная идея, лежащая в основе   
Концепция контактного контура заключается в том, что большинство механических соединений  
включают в себя набор компонентов, которые вместе образуют контур на  
соответствующей схеме подключения изделия. На рисунке 6  
эта концепция поясняется примерами. Верхний левый пример представляет собой простое  
винтовое соединение, которое соединяет два обычных компонента   
(Части A и B) с помощью винта (соединительная деталь  
C). В его схеме подключения существует петля между деталями   
A, часть B и часть C (часть A имеет контактное соединение с частью   
B, часть B имеет резьбовое соединение с частью C, а часть C имеет  
резьбовое соединение с частью A). Аналогичное наблюдение можно  
найти в верхнем правом примере, где винт используется для соединения  
более чем двух компонентов (петля “Часть A->часть B ->часть C”,  
петля “Часть B->Часть D->часть C” и петля “Часть A->Часть B->Часть   
D->Часть C”).   
Рисунок 6: Примеры концепции ContactLoop.  
Мы называем такую петлю контактной петлей, которая является особым типом  
класса узлов и образует “строительный блок” для  
различных сложных механических соединений: Различные типы  
сложных соединений представляют собой совокупность контактных петель,  
подробнее мы объясним при описании концепции контакта   
Кластер циклов в следующем разделе. Концепция контактного контура  
играет решающую роль при анализе последовательности разборки: на  
каждом этапе планирования разборки нам необходимо определить  
такой узел, чтобы мы могли эффективно отсоединять набор  
компонентов вместе (параллельная разборка) вместо  
отсоединения только одного компонента от всего изделия (последовательная  
разборка).   
Формально, для всех циклов в графе соединений продуктов EOL  
, если цикл обладает следующими свойствами, он является контактом-  
Контур: Концепция контактного контура не ограничивается  
только винтовым соединением, она может быть хорошо применена к другим типам  
соединений с незначительными изменениями. Например, для  
подключения insert (пример в левом нижнем углу рисунка 6),  
где не задействован соединительный компонент, концепция VirtualConnectingComponent, представленная в главе 3, может  
быть использована для имитации роли соединительного компонента. Для  
соединения болт-гайка (пример в правом нижнем углу рисунка   
6), задействованы два соединительных компонента (болт и гайка).   
Однако функция соединения основана на совместном усилии  
болта и гайки. Ни один из них сам по себе не может обеспечить функцию  
подключения и, следовательно, не может рассматриваться как   
Соединительный компонент. Кроме того, с точки  
зрения разборки, почти всегда болт и гайки отсоединяются последовательно  
друг от друга. Таким образом, мы рассматриваем болт и гайку вместе как одно соединительное устройство   
Компонент. При таком механизме  
также будет идентифицирован контактный контур.   
Концепция Contact-LoopCluster: Если мы сгруппируем набор   
Контактные петли, будет создан более сложный узел, и  
мы называем такой узел кластером контактных петель. Формально  
определение Contact-LoopCluster является:   
На рисунке 7 приведен пример концепции кластера с контактным контуром  
. Как показано на схеме контактов, часть 4, часть 9 и   
Часть 3 образует контактную петлю, и аналогично часть 2, часть 8 и

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0084  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal, часть 3, формирует еще один контактный контур. Оба цикла используют один и тот  
же обычный компонент (часть 3), таким образом, “Часть 4, часть 9, часть   
3, Часть 8 и часть 2” образует группу контактных контуров. Из рисунка 7 видно, что идентифицированный узел контактной петли образует  
более сложный узел по сравнению с исходным контактом-  
Петли.   
Рисунок 7: Пример концепции ContactLoopCluster.  
В некоторых случаях контактный контур сам по себе может быть контактным контуром   
Скопление. В верхнем правом примере на рисунке 6 показаны три контакта-  
Идентифицированы циклы:  
L1: Часть A->Часть B ->часть C (часть C является соединительным компонентом)  
L2: Часть B->Часть D->часть C (часть C является соединительным компонентом)  
L3: Часть A->Часть B->Часть D->Часть C (часть C является соединительной   
Компонент)  
Среди трех вышеупомянутых контактных контуров L3 также является контактным-  
Циклический кластер, поскольку он представляет собой комбинацию L1 и L2, используя  
одну и ту же обычную компонентную часть B.  
Аналогично причине введения понятия контакта-  
Переходим к последовательности разборки, идентифицируя контакт-  
Первый цикл кластеризации приведет к более эффективному  
процессу разборки (параллельная разборка).  
R2: Информация, относящаяся к локальным геометрическим  
ограничениям изделия: Локальные геометрические ограничения моделируются путем расширения функции, ограничивающей  
класс, расположенной в модели продукта. Напомним, функция, ограничивающая класс, представляет  
собой функцию интерфейса, через которую компонент подключен  
к другому компоненту (или ограничен им). Однако в  
исходной модели продукта неизвестно, каким образом компонент ограничен  
ограничивающими свойствами соединяющих компонентов  
(мы можем знать только, какой ограничивающей функцией обладает  
компонент). Другими словами, нам нужно комбинировать попарно   
Ограничивающие характеристики двух соединенных компонентов. Класс   
Для этой цели разработана пара ограничивающих объектов, которая  
представляет собой заполнитель для связи двух ограничивающих объектов  
, участвующих в соединении, путем введения свойств объекта  
"принадлежит" и "цель". Кроме того, ограничивающая функция  
компонента препятствует отсоединению  
компонента в определенном направлении. Такая информация моделируется свойством  
данных “направление”, прикрепленным к объекту ограничения   
Парный класс. Пример на рис. 8 используется для объяснения вышеуказанных  
концепций. Давайте посмотрим на локальные ограничения компонента A: он  
локально ограничен компонентом C вдоль направлений +X и –X  
и локально ограничен компонентом B вдоль   
– Направление Y.   
Рисунок 8: Пример моделирования локальных геометрических ограничений.

0085  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal При сопоставлении вышеуказанной информации с информацией   
Концепции модели, рассмотренные выше, мы сначала можем узнать о компоненте   
A имеет две ограничивающие функции ( 1 Af− и 2 Af− ) ,  
благодаря которым он локально ограничен. Как 1 Af−  
, так и 2 Af− b e l o n g t o a C o n s t r a i n t F e a t u r e P a i r i n s t a n c e   
(ConstrainedFeaturePair\_1 и ConstrainedFeaturePair\_2  
соответственно), которые могут быть идентифицированы по свойству принадлежит объекту  
.   
После определения местоположения информации о паре ограничивающих объектов  
мы можем дополнительно узнать информацию об ограничивающем объекте  
другого компонента, из которого компонент A  
ограничен, через целевое свойство объекта. Бери   
ConstrainedFeaturePair\_1 в качестве примера мы можем знать  
, что ограничивающие объекты 1 Af− из компонента A  
ограничены ограничивающими объектами 1 Cf− из компонента C. Мы также можем знать, что 1 Cf− является ограничивающим   
Компонент A вдоль направлений +X и –X.   
R3: Экономическая информация: Экономическая информация может быть  
разделена на две части:  
a. Относящаяся к объекту разборки: Она включает  
стоимость повторного использования, стоимость вторичной переработки и стоимость утилизации объекта.   
Компонент и кластер контактных контуров.   
б. Связанный с процессом демонтажа: Это включает  
в себя среднюю стоимость процесса и стоимость специального процесса, и они  
были смоделированы в модели процесса в главе 3.  
Соответствующие элементы информационного моделирования  
просты,  
для представления экономической информации, относящейся к классу компонента и контакту, были включены 3 свойства данных (стоимость повторного использования, стоимость переработки и стоимость утилизации отходов).  
-  
Класс кластера циклов.  
Рисунок 9: Общая структура приложения генератора последовательности разборки.  
Применение генератора последовательности разборки   
Общая структура последовательности разборки   
Приложение для генерации представлено на рисунке 9 ниже.   
Входными данными для приложения являются файл реализации OWL для  
информационной модели генератора последовательности разборки (DIM  
реализован на языке OWL) и файл САПР продукта.   
Файл OWL содержит необходимую информационную структуру для  
задачи упорядочивания, а файл САПР продукта используется здесь для  
обработки глобальных ограничений компонента, которые не включены  
в информационную модель разборки. Результатом  
применения является оптимальная последовательность процесса демонтажа, основанная  
на геометрических, топологических и экономических соображениях.   
Приложение генератора последовательности разборки можно  
разбить на две части: (1) последовательность разборки,  
которая фокусируется на определении всех возможных  
последовательностей процесса разборки продукта EOL, и (2) Линейный   
Оптимизация, основанная на программировании (LP), которая принимает результат   
(И/ИЛИ график) из первой части в качестве входных данных и найдите  
экономически оптимальную последовательность процессов. Часть, определяющая последовательность разборки, далее состоит из трех основных задач: (1.1)   
Сконструировать объект ”EOLProduct", (1.2) Проверить на помехи и   
(1.3) Неограниченное обнаружение узла. Каждая из задач  
подробно представлена в следующих разделах.   
Вспомогательная функция определения последовательности разборки: Общая  
процедура поиска всех возможных  
последовательностей процесса разборки показана на рисунке 10 ниже. Его можно разбить  
на три части. Первая часть состоит в том, чтобы выбрать любое соединяющее   
Компонент в качестве возможного компонента для отсоединения и примените  
к нему тест на помехи. Процедура переходит ко  
второй части, если выбранный соединительный компонент может пройти  
проверку на помехи. Вторая часть заключается в выполнении  
проверки стабильности и разборчивости на уровне компонента, которая проверяет,  
существует ли обычный компонент, который теряет ограничения из-за  
отсоединения соединительного компонента. Если это так, нам нужно  
проверить, можно ли отсоединить этот обычный компонент  
без помех. Если существует помеха, это означает  
, что отсоединение исходного соединительного компонента приведет  
к нестабильному состоянию изделия, при котором какой-либо свободный  
компонент не может быть отсоединен от изделия. Такой

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0086  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal ситуация в процессе разборки недопустима, и  
программа, таким образом, отклонит отсоединение соединительного компонента-кандидата и начнет тестирование другого кандидата   
Соединительный компонент.   
Рисунок 10: Процедура поиска всех возможных последовательностей процесса демонтажа.  
С другой стороны, если неограниченный обычный   
Компонент может быть отсоединен без помех, и  
продукт может достичь стабильного состояния.   
Дополнительно будет проведена проверка стабильности уровня сборки и разборчивости,  
которая проверяет, существует ли незакрепленный узел  
, который не может быть отсоединен (не выдерживает испытания на помехи). Если  
нет неограниченного узла сборки или неограниченный  
узел сборки может быть отсоединен без вмешательства,  
программа примет план разборки и перейдет к  
следующей итерации.  
Оптимизация процесса демонтажа: После определения всех возможных  
параметров  
, необходимых для закалки, может быть применен алгоритм, позволяющий найти экономически оптимальную последовательность. То   
Модель LP дает оптимальное решение, основанное на максимизации  
общей стоимости извлекаемой детали /компонента и минимизации  
общей стоимости демонтажа, связанной с ними. Возьмем цифру   
11 в качестве примера, если мы назначим каждой операции разборки (0,  
1, 2, 3, 4, и 5) в качестве двоичной переменной решения (x0, x1, x2, x3,  
x4, x5) значение, которое мы можем извлечь из набора операций разборки  
, равно:   
Рисунок 11: Пример из четырех частей.  
Значение=VABCDE \*(x0-x1-x2) +VABCD \*(x1-x3) +VBCDE \*(x2)   
+VAB \*(x3-x4) + VCD \*(x3-x5) +VA \*(x2+x4) +VB \*(x4) +VC \*(x5)   
+VD \*(x5)  
Если мы выполняем только операции 0, 1, 3 и 4 (x0=x1 =x3=x4=1,  
остальное равно 0). Приведенное выше уравнение говорит нам, что общая стоимость, которую мы  
можем извлечь из такого плана демонтажа, равна:   
VABCDE \*(1-1-0) +VABCD \*(1-1) +VBCDE \*(0) +VAB \*(1-1) +   
VCD \*(1-0) +VA \*(0+1) +VB \*(1) +VC \*(0) +VD \*(0)  
 = VCD + VA + VB   
Мы можем сформулировать в обобщенной формулировке следующее:   
,\*\*i ij j  
ijV VT x=∑∑  
Таблица 2: Пример матрицы коэффициентов.  
0 1 2 3 4 5  
ABCDE 1 -1 -1 0 0 0  
ABCD 0 1 0 -1 0 0  
BCDE 0 0 1 0 0 0  
AB 0 0 0 1 -1 0  
CD 0 0 0 1 0 -1  
A 0 0 1 0 1 0  
B 0 0 0 0 1 0  
C 0 0 0 0 0 1  
D 0 0 0 0 0 1  
E 0 0 0 0 0 0 0  
Где T - матрица коэффициентов и значение  
e l e m e n t i n t h e m a t r i x e q u a l s t o - 1 , 0 o r 1 . Т ч е с у б с к р и п т й

0087  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal соответствует операции, а индекс i соответствует детали  
или подсборке. Если операция j приводит к разборке узла i, .   
Если операция j собирает деталь i в подсборку, то при других  
условиях, например, на рисунке 11, матрица T выглядит следующим  
образом (таблица 2):  
Следуя тому же анализу  
стоимости операции демонтажа, полная формулировка модели LP для демонтажа выглядит следующим  
образом:  
Цель=  
, ,,  
,\*\* \*i i j j jk jk  
i j jkV C VT x C y−= − ∑∑ ∑  
S.T.  
1. ,,i in i outxx≥∑∑   
2. ,1i inx≤∑  
3. 01 x=  
4.  
, джей кей Джей  
kxy=∑  
5. ,,k j jk  
kkyy=∑∑  
Переменными для принятия решения являются xj и yj, k и vi, которые являются постоянными  
коэффициентами, представляющими стоимость каждой детали/компонента  
и стоимость операции демонтажа. Все  
переменные решения являются двоичными переменными.  
Проверка применения генератора последовательности разборки  
   
В этом разделе проверяется применение генератора последовательности разборки  
на примере (рис. 12). Мы начнем с  
проверки задействованных подфункций, которые включают в себя: Рисунок 12: Проблема тематического исследования.  
a. обнаружение контура,  
b. Обнаружение контактного контура,  
c. Обнаружение кластера контактного контура и  
d. Обнаружение узла без ограничений, в разделе   
5.5.1. Общая процедура создания всех возможных  
последовательностей разборки дополнительно подтверждена в разделе 5.5.2.   
Наконец, в разделе 5.5.3 модель оптимизации на основе LP  
применяется к тематическому исследованию для нахождения оптимальной  
последовательности демонтажа (рис. 12).  
Проверка подфункций: На рисунке 13 показана  
реализация функций   
Рисунок 13: Проверка подфункции в состоянии 1 (начальное состояние).

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0088  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal a. обнаружение контуров,  
b. Обнаружение контактных контуров,  
c. Обнаружение кластеров контактных контуров и  
d. обнаружение узлов без ограничений.  
 Применяем эти функции к исходному состоянию продукта  
, как показано на рисунке 12. Будут возвращены следующие результаты.   
На текущем графике подключения имеется 41 цикл, среди  
которых пять идентифицируются как контактный контур:  
L1: Часть2->Часть7->Часть1 L2: Часть2->Часть8->Часть3 L3:   
Часть1->Часть10->Часть4 L4: Часть1->Часть6->Часть5 L5: Часть9->Часть4->Часть3   
Эти контактные контуры могут быть дополнительно сгруппированы, образуя один   
Контакт-LoopCluster:  
“CLC1: Часть2->Часть7->Часть1->Часть8->Часть3->Часть10-  
>Часть4->Часть6->Часть5->Часть9”  
В этом состоянии нет неограниченного узла.   
Если оператор демонтажа отсоединит детали 7 и 10, то   
Продукт EOL переходит в новое состояние. Результаты выполнения вышеуказанных  
подфункций таковы (показаны на рисунке 14).:   
На графике текущего подключения имеется 17 циклов, среди  
которых три идентифицируются как контактный контур:  
Рисунок 14: Проверка подфункции в состоянии 2 (части 7 и 10 отсоединены).  
L1’: Часть2->Часть8->Часть3 L2’: Часть1->Часть6->Часть5 L3’:   
Часть 9->Часть 4->Часть 3   
Эти контактные контуры могут быть дополнительно сгруппированы, образуя один   
Контакт-LoopCluster:  
“CLC1’: Часть2->Часть8->Часть3->Часть9->Часть4”   
Кроме того, в этом состоянии есть два неограниченных подсборки  
, и они являются:   
L2’: Часть1->Часть6->Часть5   
CLC1’: Часть2->Часть8->Часть3->Часть9->Часть4  
Из приведенных выше результатов очевидно, что реализованные  
подфункции возвращают результаты, как и ожидалось, и таким образом мы можем проверить  
предлагаемые подфункции.Проверка общей процедуры поиска: Общая  
процедура генерации всех возможных последовательностей разборки  
показана на рисунке 10. Здесь мы применяем задачу тематического исследования  
к приложению, чтобы продемонстрировать процесс поиска.   
На рисунке 15 ниже показаны детали одной итерации поиска,  
которая генерирует одну возможную последовательность разборки.   
Процедура подачи заявки начинается с выбора любого из   
Соединительный компонент как кандидат на отсоединение. В  
этом примере выбирается деталь 9 и  
к ней применяется тест на помехи, чтобы проверить, можно ли отсоединить деталь 9 без  
столкновений с другими компонентами. Результат  
теста на помехи будет верным, что указывает на отсутствие столкновений  
во время разборки детали 9. Следующим шагом является проверка  
стабильности/разборчивости компонентов и узлов на уровне сборки.   
Поскольку продукт достигает стабильного состояния (состояние 2) после

0089  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal отсоединение детали 9 (нестабильных компонентов или узлов не существует  
), отсоединение детали 9 принимается как возможный  
этап разборки Рис. 15.   
В состоянии 2 будет применен аналогичный процесс. Во-первых,  
процедура подачи заявки позволит выбрать любой из подключающихся   
Компонент в качестве кандидата на отсоединение и  
выбирается часть 10. Проверка на помехи будет дополнительно применена к части 10.   
Однако в этом состоянии, даже несмотря на то, что деталь 10 может пройти проверку на соответствие требованиям, это не позволяет определить использование детали 10 как возможный процесс разборки.  
  
 Это связано с тем, что продукт EOL достиг нестабильного состояния (состояние 3) после   
Деталь 10 демонтирована: проверка стабильности уровня компонента  
выявит, что компонент Part4 теряет ограничения в направлениях +x,  
-y, +z и –z. И становится нестабильным. Таким образом,  
следует провести дополнительное испытание на помехи нестабильного компонента Part4  
. В этом случае часть 4 может быть отсоединена, и EOL   
продукт достигнет стабильного состояния (состояние 4). До этого момента  
приложение подтверждает осуществимость процесса разборки  
“отсоединение детали 10” и процесса разборки “отсоединение  
детали 4” и предполагает, что их следует выполнять последовательно  
, чтобы достичь стабильного состояния (состояние 4).   
Рисунок 15: Описание процесса для создания одной возможной последовательности демонтажа.  
В состоянии 4 снова будет применен аналогичный процесс, и часть 7 будет  
выбрана в качестве кандидата на отсоединение. Тест  
на помехи в части 7 будет пройден, и продукт EOL достигнет состояния 5, если   
Часть 7 отсоединена. Однако продукт EOL в состоянии 5 содержит  
нестабильность на уровне подсборки: два ненапряженных подсборки   
(S1: “Часть 1, часть 5, часть 6” и S2: “Часть 2, часть 3, часть 8”) идентифицированы. Таким образом, к ним будет применен тест на помехи  
и будет применена параллельная разборка для получения двух стабильных  
узлов (состояние 6 и состояние 7). Процесс поиска будет  
повторяться, как описано выше, до  
тех пор, пока не будут определены все возможные последовательности разборки. Конечный результат показан на рисунке 16.   
Рисунок 16: Все сгенерированные возможные последовательности разборки, относящиеся к тематическому исследованию.  
Результат, показанный на рисунке 16, определяет все возможные  
последовательности демонтажа. Мы можем видеть, что с продуктом из 10 частей теоретически у нас может быть 10! (3628 800) последовательностей разборки.   
Однако возможные последовательности разборки намного меньше

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0090  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal (всего 565 для тематического исследования) из-за геометрических  
и топологических ограничений. Дальнейшее изучение этих сгенерированных  
возможных последовательностей разборки показывает, что они на 100%  
выполнимы в реальном сценарии, что означает, что приложение не генерирует  
ошибочную последовательность разборки, которая геометрически или  
топологически непрактична.  
Проверка оптимизационной модели на основе LP:   
Оптимизационная модель, основанная на LP, может быть применена для создания экономически оптимальной последовательности демонтажа. Вместо того, чтобы применять модель LP  
непосредственно к И / ИЛИ графику, как показано на рис. 16,  
мы выбираем более простой пример, как показано на рис. 17 ниже, для  
проверки модели оптимизации LP, с намерением быть  
более краткими и понятными. На рисунке 17 представлено изделие, состоящее из  
шести частей (ABCDEF). Генерируются все возможные последовательности разборки  
. Допускается как полная, так и частичная разборка  
до тех пор, пока прибыль максимальна.   
Рисунок 17: Один простой сгенерированный пример возможных последовательностей разборки.  
Рисунок 18: Вектор ценности и матрица затрат для продукта тематического исследования.  
Стоимость операции демонтажа известна и представлена  
в виде матрицы (рис. 18); поскольку стоимость определенной  
операции демонтажа зависит от предыдущей операции.   
Стоимость одной операции демонтажа может отличаться  
в зависимости от конкретной последовательности демонтажа, которой  
ранее следовали до этой операции. Это означает, что C1, 2  
(стоимость операции 2, выполняемой после операции 1) отличается  
от C3, 2 (стоимость операции 2, выполняемой после операции 3).   
Также известны доходы от всех деталей, подсборки и сборки в сборе (рис. 18). Они могут быть положительными числами, что  
означает, что у них есть некоторые значения для повторного использования или вторичной переработки; они  
также могут быть отрицательными числами, что означает, что они не могут быть повторно  
использованы или переработаны вторично и, возможно, опасны для окружающей среды: таким  
образом, они имеют отрицательные значения. Учитывая эту информацию,  
необходимо определить оптимальную последовательность демонтажа, чтобы  
прибыль была максимальной.  
Применяя оптимизационную модель LP, оптимальный путь решения  
задачи на рисунке 17 показан на рисунке 19 ниже:

0091  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal Рисунок 19: Оптимальный путь демонтажа.  
Чтобы проверить модель, проверяются следующие два крайних  
случая:  
(1) Давайте изменим значение узла ABCD на  
экстремально высокое. Программа успешно останавливается на узле ABCD для  
повторного использования детали, как показано на рисунке 20. Это означает, что узел   
ABCD достаточно ценен для повторного использования, и его не следует дополнительно  
разбирать. (2) Давайте изменим стоимость операции разборки C47 и   
C57 до очень высоких значений (большой M). Из-за высоких эксплуатационных  
затрат, связанных с операцией 7, оптимальная  
последовательность демонтажа не будет продолжаться по дуге 7 (которая представляет  
операцию 7), а вместо этого перейдет к операции 8, как показано  
на рисунке 21.   
Рисунок 20: Оптимальный путь демонтажа (сценарий проверки 1).  
Рисунок 21: Оптимальный путь демонтажа (Пример проверки 2).  
Из приведенного выше анализа мы можем сделать вывод, что  
оптимизационная модель достаточно убедительна и генерирует  
оптимальную последовательность разборки, как и ожидалось [24,25]. Заключение и будущая работа  
В этом документе представлена информация о планировании демонтажа   
Модель, которая представляет собой многоуровневую информационную структуру

Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .0092  
Инженерный журнал по робототехнике и автоматизации, предназначенный для широкого спектра применений в области  
планирования демонтажа изделий EOL. DIM иерархически структурирован по  
уровням, которые разделяют связанные информационные модели на  
различные уровни абстракции и, таким образом, отделяют общие  
знания от специфических знаний о конкретных  
доменах и приложениях. Таким образом, разрабатывается набор подмоделей  
, которые классифицируются на три различных уровня, называемых абстрактным  
уровнем, доменным уровнем и прикладным уровнем. Развитый   
DIM применяется к задаче определения последовательности разборки для  
проверки удобства использования и возможности повторного использования  
DIM.   
Хотя эта работа продемонстрировала  
возможности использования DIM в области  
планирования демонтажа, остается много возможностей для расширения сферы охвата этой  
диссертации. Это включает в себя: (1) превращение DIM в  
эталонную модель, (2) применение  
к DIM большего количества приложений, связанных с планированием демонтажа, и (3) интеграцию DIM с  
текущей инфраструктурой интернета вещей.  
Рекомендации  
1. Гунгор А., Гупта С.М. (1999) Проблемы экологически ответственного  
производства и утилизации продуктов: обзор. Компьютеры и промышленное оборудование   
Инженерия 36 (4): 811-853.  
2. ДОНГ Дж., АРНДТ Г. (2003) Обзор текущих исследований по  
генерации последовательности разборки и автоматизированному проектированию для разборки.   
Труды Института инженеров-механиков, часть В (Журнал  
инженерного производства) 217: 299-312.  
3. Ван Л., Ван XV, Гао Л., Ванча Дж. (2014) Облачный подход к   
МЫ занимаемся восстановлением. CIRP Annals - Технология производства   
63(1): 409-412.  
4. Ся К., Гао Л., Ван Л., Ли В. (2015) Семантические информационные сервисы   
Основа для устойчивого управления WEEE в направлении облачных технологий   
Восстановление. Журнал производственной науки и инжиниринга   
137(6).  
5. Пенев К.Д., Пенев К.Д., Де Рон А.Дж. и др. (2002) Определение  
стратегии демонтажа. Международный журнал производственных исследований   
34(2): 495-506.  
6. Чжан Х.К., Куо Т.К. (1996) Основанный на графиках подход к  
модели разборки для утилизации изделий с истекшим сроком службы. Производство электроники   
Технологический симпозиум, стр. 247-254.  
7. Мураяма Т., Оба Ф., Абэ С., Ямамичи У (2001)  
Генерация последовательности разборки с использованием информационной энтропии и эвристики для  
замены компонентов. Сборка и планирование задач, стр. 208-213.  
8. Канаи С., Сасаки Р., Кишинами Т. (1999) Информационное  
моделирование взаимодействия продукта и процесса на основе графиков для планирования демонтажа и  
вторичной переработки, экологически ориентированного проектирования и обратного   
Производство, 1999 год. Производство. ЭкоДизайн ‘99: Первый международный   
Симпозиум 1999 года, стр. 772-777.  
9. Зуссман Э., Менчу Чжоу, Кодилл Р. (1998)  
Подход к разборке сети Петри для моделирования и планирования процессов разборки  
электронных изделий, Электроника и окружающая среда, 1998. ISEE-1998. Материалы Международного симпозиума IEEE 1998 года, посвященного 1998 году,  
стр. 331-336.  
10. Зуссман Э., Мэн Чу Чжоу (2000) Разработка и внедрение  
адаптивного планировщика технологических процессов для процессов демонтажа. Робототехника и   
Автоматизация 16(2): стр. 171-179.  
11. Мур К.Е., Гунгор А., Гупта С.М. (1998) Подход сети Петри к  
планированию процесса демонтажа. Компьютеры и промышленная инженерия   
35(1–2): 165-168.  
12. Chevron D, Binder Z, Horacek P, Perret R (1997)  
Моделирование процесса демонтажа и планирование операций в условиях неточного времени работы, L:   
Системная инженерия и управление. Пергам. стр. 367-72.  
13. Синь-Хао Х., Ван М.Х., Джонсон М.Р. (2000)  
Генерация последовательности разборки с использованием нейросетевого подхода. Производственный журнал   
Системы 19(2): 73-82.  
14. Ламберт Ажд (1997) Оптимальная разборка сложных изделий.   
Международный журнал производственных исследований 35 (9): 2509-2524.  
15. Леманьян С., Сиадат А., Дантан Дж.Ю., Семененко А. (2006) МЕЙСОН: А   
Предложение По Онтологии Производственной Области. Распределенный   
Интеллектуальные системы, стр. 195-200.  
16. Chang X (2008) Разработка и использование онтологии в продукте   
Дизайн, Политехнический институт Вирджинии и Государственный университет.  
17. Кумар Паван К. (2008) Моделирование процесса проектирования: на пути к онтологии  
деятельности по инженерному проектированию, Университет Клемсона. Южная Каролина  
18. Ким К., Мэнли Д.Г., Янг Х. (2006) Проектирование сборок на основе онтологий и  
обмен информацией для совместной разработки продуктов. Компьютер-  
Автоматизированное проектирование 38 (12): 1233-1250.  
19. Фуфу С., Фенвес С.Дж., Бок К., Рачури С., Шрирам Р.Д. (2005) Базовая  
модель продукта для PLM с иллюстративной реализацией XML. Женева,   
Швейцария: Inderscience Enterprises Limited, стр. 21-32.  
20. Байсал М.М., Рой У., Сударсан Р., Шрирам Р.Д., Лайонс К.В. (2004) Модель  
открытой сборки для обмена информацией о сборке и допусках  
: обзор и пример, 2004 ASME Design Engineering   
Технические конференции, компьютеры и информация в инженерном деле   
Конференция, 28 сентября 2004 г. - 2 октября 2004 г. 2004, Американский   
Общество инженеров-механиков, стр. 759-770.  
21. Фенг С.К., Крамер Т., Шрирам Р.Д., Ли Х., Джон К.Б. и др. (2013)  
Информационная модель процесса разборки для восстановления. Журнал вычислительной  
техники и информатики в инженерном деле, 13 (3).  
22. Грубер Т.Р. (1995) К принципам проектирования онтологий, используемых  
для обмена знаниями? Международный журнал человеко-компьютерных наук   
Исследования 43 (5-6): 907-928.  
23. Чжу Б (2016) Информационная модель в области разборки   
Планирование устойчивого производства, Сиракузский университет.  
24. Галстер М., Авгериу П. (2012) Точка зрения на изменчивость для предприятия   
Программные системы, 2012 Совместная рабочая конференция IEEE/IFIP  
по архитектуре программного обеспечения (WICSA 2012) и Европейская конференция по  
архитектуре программного обеспечения (ECSA 2012), 20-24 августа 2012 г. 2012, IEEE   
Компьютерное общество, стр. 267-71.  
25. Дженнари Дж.Х., Мусен М.А., Фергерсон Р.В., Гроссо У.Е., Крубези М. и др.   
(2003) Эволюция Protege: среда для  
разработки систем, основанных на знаниях. Международный журнал человеко-компьютерных наук   
Исследования 58(1): 89-123.

0093  
Как процитировать эту статью: Биченг З., Утпал Р. Информационная модель планирования разборки для задачи определения последовательности разборки. Робот-автомат J. 2017;   
1(3): 555565. DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565 .  
Журнал Robotics & Automation Engineering Journal В вашей следующей публикации в Juniper Publishers  
вы получите следующие ресурсы  
• Качественное редакторское обслуживание  
• Быстрая экспертная оценка  
• Доступность переизданий  
• Услуга электронной печати  
• Рукописный подкаст для удобства понимания  
• Глобальные достижения в ваших исследованиях  
• Доступность рукописей в различных форматах  
(Pdf, E-pub, полный текст, аудио)   
• Непрерывное обслуживание клиентов  
 Перейдите по приведенному ниже URL-адресу для одноэтапной отправки  
https://juniperpublishers.com/online-submission.php  
Эта работа лицензирована по лицензии Creative  
Лицензия Commons Attribution 4.0  
DOI: 10.19080/RAEJ.2017.01.555565