

УДК 681.327.12.001.362

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.И. КУЗЬМИЧ, С.Ч. МОЧУЛЬСКИЙ*, А.Н. ВАЛЬВАЧЕВ*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

*Белорусский государственный университет
Независимости, 4, Минск, 220050, Беларусь

Поступила в редакцию 23 октября 2015

Предложена технология для количественной оценки сложности логистических проектов с применением современных транспортных средств. Проведен анализ вербальных сущностей проекта, выполнена их классификация и предложен алгоритм оценки сложности каждой сущности и объекта в целом. Для автоматизации оценки разработана соответствующая компьютерная система.

Ключевые слова: сложность, оценка сложности проекта, принятие решений.

Введение

Экономическая стабильность государства во многом зависит от эффективности логистических проектов и мобильных гетерогенных объектов (МГО), обеспечивающих доставку грузов и перевозку пассажиров с максимальной скоростью при минимуме затрат на инфраструктуру, горюче-смазочные материалы и ремонт [1, 2]. В настоящее время происходит быстрая эволюция МГО, в частности, улучшается искусственный интеллект автопилотов, реализующих функциональность водителей (Future Truck 2025, Self-Driving Car), структура авиационных МГО модифицируется в процессе эксплуатации (X-47B Pegasus, InstantEye Mk2 Gen), скорость движения увеличивается (CRH380 High-SpeedTrain). Соответственно, усложнились процессы технического обслуживания, возросли требования к компетентности обслуживающего персонала, что в условиях политической нестабильности, изменения климата и глобального роста неопределенности среды приводит к росту количества аварийных ситуаций, капитальных ремонтов и прекращению выполнения проектов до момента достижения цели. Одна из основных причин такой ситуации заключается в неразвитости методов формальной оценки сложности проектов на начальной стадии их проектирования.

Методы управления проектами и оценки их сложности исследуются в работах Ф. Бэбьюли [1], Д. Касти [3], В.В. Солодовникова [4], Ю.С. Шарина [5], А.А. Еремина [6] и др. Один из вариантов цельного взгляда на сложность в рамках имитационного моделирования мониторинга представлен в [7]. Получены интересные результаты, которые, к сожалению, в основном носят фрагментарный или теоретический характер и не позволяют сформировать цельную картину сложности реальных современных проектов с учетом наиболее значимых факторов, присущих новейшим типам МГО. В работе предложен вариант оценки сложности проектов на основе анализа современных свойств инновационных МГО, требований нормативных документов и обобщенных оценок экспертов.

Постановка задачи

Постановка задачи должна базироваться на четком понимании основных терминов, которые будут использоваться в работе [1]. В данном случае необходимо определить, что есть

«проект» и «сложность» в современном контексте. В литературе представлено несколько вариантов определений [1]. Авторами предлагается более прагматический вариант.

Определение 1. Проект – это комплекс процессов, реализуемых группой гетерогенных акторов в естественной или искусственной среде с применением ресурсов, обеспечивающих достижение поставленной цели.

Определение 2. Сложность – это частная и общая количественная оценка параметров значимых сущностей проекта и их отношений, влияющая на возможность реализации процессов достижения цели на базе имеющихся ресурсов. Соответственно, сложность есть противоречие между требованиями проекта и ресурсами для их выполнения.

На основе определений задачу оценки сложности логистического проекта можно свести к решению комплекса следующих задач:

- выделить базовые сущности современных проектов и новых типов МГО;
- оценить сложность каждой сущности на основе нормативных документов и обобщенных экспертных оценок;
- разработать алгоритм интегральной оценки;
- разработать программу, обеспечивающую реализацию алгоритма и визуализацию результата в удобной для визуального восприятия человеком форме.

Базовые сущности проекта

Выделение базовых сущностей выполним на основе анализа инновационных проектов 2010–2015 гг. компаний Google, Tesla, Mercedes-Benz, с учетом особенностей новых типов МГО, опыта эксплуатации локомотивов Белорусской и Российской железных дорог и карьерных грузовиков производства БелАЗ. Также использовалась статистика аварий и капитальных ремонтов. Для шкалирования использовались оценки экспертов Латвийской железной дороги. В результате были выявлены следующие сущности проекта.

Акторы (∅00). Характерным признаком инновационными МГО является участие акторов с естественным (люди) и искусственным (системы) интеллектом при постепенной замене первых вторыми. Следовательно, акторов можно классифицировать на две группы:

- ni (natural intelligence), акторы с естественным интеллектом (например, менеджеры, диспетчеры, водители);
- ai (artificial intelligence), программно-аппаратные комплексы с элементами искусственного интеллекта (например, автопилот).

Уровень компетентности акторов (∅01). Включение акторов в проект предполагает наличие у них знаний, необходимых и достаточных для выполнения проекта. Выделим три уровня компетентности: «высокий», «средний», «низкий».

Количество типов компонентов МГО (∅02). Чем больше типов, тем сложнее и дороже обслуживание. Классифицируем сложность как: низкую (1 тип), среднюю (2–5), высокую (> 6).

Количество компонентов МГО (∅03). Увеличение количества компонентов так же приводит к росту затрат. Классифицируем сложность сущности как: «низкую» (1–20 компонент), «среднюю» (21–50), «высокую» (> 51).

Отношения компонентов (∅04). В зависимости от решаемых задач компоненты могут находиться в жестких (например, железнодорожный состав), гибких (группа кораблей) или гибридных отношениях.

Динамика структуры (∅05). Для оптимизации расходов топлива и по другим причинам МГО могут менять свою структуру. Уровень сложности сущности определим как: «низкий», «средний», «высокий» при количестве изменений 0, 1–2 и >3.

Количество каналов связи (∅06) между акторами. Значение этого показателя зависит от количества типов, отношений и их динамики. В случае жестких отношений обычно достаточно одного канала, в других случаях их значительно больше. Сложность коммуникаций классифицируем как «низкая», «средняя», «высокая» при количестве каналов 1, 2 и >3.

Скорость движения (∅07). Согласно силе инерции сложность управления любым МГО увеличивается при увеличении скорости его движения. Классифицируем сложность как:

«низкая», «средняя», «высокая» для скорости 0–60, 61–100, >100 (условно, на практике устанавливает эксперт для каждого типа МГО).

Геофизическая среда (ѳ08). Среду, в которой реализуется ЖЦ МГО, можно классифицировать, как минимум, на четыре группы: твердую поверхность земли, воду, воздух, космическое пространство. Чем больше сред пересекает МГО, тем выше сложность проекта, которую классифицируем как «низкая», «средняя», «высокая» для количества сред 1, 2 и >3.

Внешняя неопределенность (ѳ09) характеризует возможность отрицательного воздействия на ЖЦ МГО широкого спектра внешних факторов, включая: погоду, состояние трассы, безопасность, наличие инфраструктуры и ряд других. Сложность данного типа определяется экспертом на основе имеющейся информации о ситуации на траектории движения и определяется как «низкая», «средняя», «высокая».

Для преодоления каждого вида сложности необходимы определенные ресурсы (ℜ00–ℜ09). В данном случае уровень имеющихся ресурсов определим как «низкий», «средний», «высокий». Сложность сущностей ѳ00–ѳ09 оценивается вербально, что затрудняет ее математическую обработку. Для получения эквивалентной количественной оценки (ℑ) отобразим вербальное множество значений на интервал [0...1]. В результате получим информационную базу для оценки сложности проекта, представленную в таблице.

Сущности проекта

Сложность ѳ	Составляющие сложности ℑ	Классификация ℑ	Количественная оценка сложности ℑ	Вербальная оценка сложности ѳ	Ресурсы ℜ
ѳ00	Актеры	п _i п _i + а _i а _i	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ00
ѳ01	Уровень компетентности актеров	Высокий Средний Низкий	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ01
ѳ02	Количество типов компонентов	1 2-5 ≥6	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ02
ѳ03	Количество компонентов	1-20 21-50 ≥ 51	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ03
ѳ04	Отношения компонентов	Жесткие Гибкие Гибридные	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ04
ѳ05	Динамика структуры	0 1-2 ≥ 3	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ05
ѳ06	Количество каналов связи	0 1-2 ≥3	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ06
ѳ07	Скорость движения	0-60 61-100 >100	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ07
ѳ08	Физическая среда	1 2-3 ≥ 3	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ08
ѳ09	Внешняя неопределенность	1 2-3 ≥ 3	0,00 0,50 1,00	Низкая Средняя Высокая	ℜ09

В данном случае выраженность сущностей подразделяется на три класса, на практике классов может быть сколь угодно много, т.к. континуум [0...1] бесконечен.

Комплексная оценка сложности

На практике часто применяется формула Еремина-Троицкого $C = \sum_{j=1}^m C_j / m$ [6].

Данная формула, как и ряд других [3], дают одно усредненное значение, что полезно, но не всегда конструктивно по следующим причинам:

- для каждого проекта получается оценка, представленная в разных шкалах, т.к. не решена проблема выработки универсальной единой для экспертов и ЛПР шкалы;
- невозможно выделить роль каждой составляющей, что не позволяет автоматически синтезировать рекомендации для ЛПР по снижению конкретного вида сложности;
- невозможно графически отобразить общую картину сложности с вкладом каждой составляющей, что не позволяет ЛПР быстро визуальнo оценить сложность проект и наиболее слабые ресурсы компании.

Для устранения этих недостатков предлагается дополнить формулу Еремина-Троицкого, как минимум, тремя оценками:

Комплексная оценка сложности	}	$mxW = \text{list}(\max(\mathbb{W}_i), [j]) \& \mathbb{R}_j$
		$mlW = \text{sum}(\mathbb{W}_i) / m$
		$vzW = \text{list}(\mathbb{W}_i) \& \mathbb{R}_i$
		$vzW = \text{vis}(\mathbb{W}_i) \& \mathbb{R}_i$

где mxW – составляющие, вносящие максимальный вклад в сложность, где: j – номер вида сложности по таблице; mlW – обобщенная оценка сложности; i – количество видов сложности; vzW – визуализированная графическая картина сложности по всем составляющим.

Для практического применения комплексной оценки необходимо разработать соответствующее программное обеспечение.

Автоматизация процесса комплексной оценки сложности

Автоматизация процесса оценки сложности включает разработку:

- модуля для эксперта, который на основе изучения специфики деятельности компании и свойств используемых МГО строит базу данных (аналогичную контенту в таблице);
- модуля для персонала компании, обеспечивающего применение базы данных для оценки сложности проектов и синтеза соответствующего управляющего решения.

Результат должен обеспечивать максимально возможную гибкость к изменениям: инвариантность к количеству градаций выраженности каждой составляющей сложности, возможность быстрой модификации базы данных при необходимости уточнения идентификаторов сущностей, количества классов классификации или диапазонов значений и интероперабельность модулей.

Для автоматизации оценки сложности проектов и ряда других процессов мониторинга МГО на языке C# с применением WPF платформы .Net была разработана библиотека интероперабельных программных агентов MALib (Monitoring Agents Library). В настоящее время в библиотеку включены шесть семейств агентов для: построения предметной области задачи, оценки сложности проектов, ввода текущих значений параметров объекта наблюдения, оценки его состояния, синтеза соответствующего управляющего решения и визуализации результата. Применение агентов рассмотрим на следующем примере.

Пример решения прикладной задачи

Пусть компании предлагается проект, где: (1) управление осуществляет автопилот; (2) компетентность автопилота обеспечивает поддержку жизненного цикла МГО; (3) количество типов компонентов – 4; (4) количество компонентов – 56; (5) динамика – 3; (6) отношения – жесткие; (7) количество необходимых каналов связи – 0; (8) скорость – 70; (9) среда – стабильная; (10) неопределенность – допустимая. Для обеспечения требований компания обладает ресурсами, которые условно разделим на три уровня: (1) – низкий,

(2) – средний, (3) – низкий, (4) – высокий, (5) – высокий, (6) – средний, (7) – высокий, (8) – низкий, (9) – средний, (10) – средний. Требуется принять решение о начале реализации проекта или его отклонении.

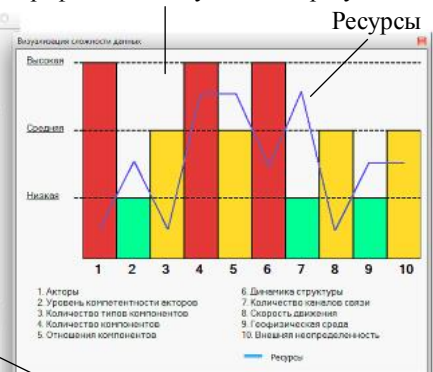
Для решения задействуем агентов для создания предметной области (ПрО), ввода параметров проекта и ресурсов, оценки сложности и визуализации. Будем считать, что ПрО для компании создана. Вводим значения параметров текущего проекта и ресурсы, выбирая из нескольких вариантов ответа, подготовленных при формализации экспертных знаний (рис. 1)

Рис. 1. Интерфейс ввода значений параметров проекта и ресурсов компании

Выбор по принципу указания значения параметра существенно сократил количество при вводе данных с клавиатуры даже слабо подготовленным персоналом. После окончания ввода вербальных значений параметров на их основе формируется вектор численных значений, характеризующих проект и ресурсы компании. Затем выполняется оценка сложности, синтез управляющих решений и графическая визуализация результата (рис. 2).

Цифровая визуализация результата

Графическая визуализация результата



Объяснение результата
Управляющее решение

Рис. 2. Интерфейс окна программы для оценки сложности проекта

В левом окне интерфейса выводится результат в числовой форме, объяснение выбора и управляющее решение, в правом окне – графическая интерпретация результата, позволяющая быстро визуально оценить возможность выполнения проекта даже слабо подготовленному пользователю.

Заклучение

Предложен комплексный вариант решения задачи оценки сложности логистических проектов. Определены основные сущности сложности проекта, выполнена их классификация, разработан алгоритм оценки сложности каждой сущности и объекта в целом. Для автоматизации оценки разработана соответствующая компьютерная система. В результате в логистических компаниях появляется возможность объективной оценки сложности проекта для его принятия или своевременного отклонения.

COMPLEXITY EVALUATION IN THE PROJECTS INVOLVING MOBILE HETEROGENEOUS OBJECTS

A.I. KUZMICH, S.C. MOCHULSKY, A.N. VALVACHEV

Abstract

There is a qualitative evaluation technique offered to assess the complexity degree in logistics projects involving contemporary means of transportation. Whereas the project verbal entities were analyzed and classified, the complexity evaluation algorithms were presented to assess each verbal entity in particular and the object in general. A proper computer-aided system was designed to facilitate the automation of the evaluation procedure.

Список литературы

1. Бэзьюли Ф. Управление проектом. М., 2002.
2. Кузьмич А.И., Краснопрошин В.В. // Вестн. ПГУ, серия С. 2014. № 4. С. 51–56.
3. Кастри Д. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. М, 1982.
4. Солодовников В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления. М., 1990.
5. Шарин Ю.С., Якимович Б.А., Толмачев В.Г. и др. Теория сложности. Ижевск, 1999.
6. Еремин А.А. // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2013. № 14 (22). С. 254–261.
7. 1516.1-2000. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA).