

УДК 004.94

СКВОЗНАЯ ТРАССИРОВКА ДАННЫХ В АРХИТЕКТУРНЫХ МОДЕЛЯХ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ОТГРУЗОК ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

А. А. НАМЕСТНИКОВ

Научный руководитель А. А. МИЛОВИДОВА, канд. техн. наук, доц.

Государственный университет «Дубна»

Дубна, Россия

Введение. Разработка цифрового решения для промышленной логистики требует согласованного описания бизнес-процессов, приложений, данных и расчётных моделей. ArchiMate задаёт представления корпоративной архитектуры [1], модель C4 раскрывает программную систему на последовательных уровнях детализации [2], схема потоков данных (DFD) фиксирует перемещение и преобразование данных [3], модель «сущность – связь» – их структуру [4]. Они используют разные уровни абстракции, поэтому соответствие их элементов не взаимно однозначно, а связь бизнес-требования с системой-источником и параметром расчётной модели остаётся неявной. *Цель исследования* – разработать и апробировать способ согласования архитектурных представлений, обеспечивающий двунаправленную трассировку от требования и источника данных до параметра расчётной модели.

Материалы и методы. Материалами послужили результаты проекта календарного планирования отгрузок твёрдой химической продукции железнодорожным транспортом крупной нефтегазохимической компании: регламенты процесса, перечень интеграционных обменов, логическая модель данных и оптимизационная модель. В исходном процессе график затарки формировался вручную в табличном процессоре; целевое решение – система диспетчеризации на базе платформы класса Enterprise Performance Management (EPM) со встроенным солвером; в её состав входят интеграционные сервисы, хранилища, веб-приложение и расчётные модули по категориям продукции.

Предложенный способ включает три механизма. Во-первых, при переходе от ArchiMate к C4 изменяется охват: взаимодействующие приложения отображаются как внешние системы, а компоненты проектируемой системы раскрываются как контейнеры. Во-вторых, каждому регулярному обмену присваивается сквозной идентификатор – номер среза данных; он маркирует поток и хранилище в DFD, входит в имя сущности информационной модели и связывается с параметром оптимизационной модели. В-третьих, сущности классифицируются по роли: измерения формируют множества индексов, факты – исходные параметры, ограничения – правые части ограничений, сущности результата – значения переменных решения. Связи проверены матрицей «система-источник – поток – срез – сущность – параметр модели».

Фрагмент линейной оптимизационной модели задан на множествах узлов I , клиентов J , продуктов P , типов транспорта V и дней горизонта T ; переменная $x(i, j, p, v, t)$ – объём отгрузки, $\Delta(j, p, t)$ – неудовлетворённый спрос, связанные условием баланса спроса. Минимизируются транспортные затраты и штраф за дефицит:

$$Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \sum_{v \in V} \sum_{t \in T} c_{ijv} x_{ijpvt} + \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} \pi_{jpt} \Delta_{jpt} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $c(i, j, v)$ – удельная стоимость перевозки; $\pi(j, p, t)$ – штраф за единицу неудовлетворённого спроса.

Суточная мощность погрузочно-разгрузочных работ ограничена условием

$$\sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \sum_{v \in V} x_{ijpvt} \leq w_{it}, \quad \forall i \in I, t \in T, \quad (2)$$

где $w(i, t)$ – доступная мощность узла i в день t .

Переменные неотрицательны; прочие ограничения не приводятся.

Результаты. Сформирована матрица трассировки для 29 срезов: для каждого входного параметра установлены система-источник, поток, срез и сущность информационной модели; пропуски не выявлены (табл. 1).

Табл. 1. Сквозная трассировка ограничения мощности склада

Уровень представления	Элемент трассировки
Бизнес- и прикладная архитектура	Требование ограничить суточную мощность погрузочно-разгрузочных работ; источник – система ведения тарифов
C4 и схема потоков данных	Интеграционный сервис; поток 5; срез данных 24 «Ограничения по складам»
Информационная модель	Сущность FACT_CONSTRAINTS_24 класса «ограничение»
Оптимизационная модель	Параметр $w(i, t)$ – правая часть ограничения (2)

Срез 24 «Ограничения по складам» поступает из системы ведения тарифов потоком 5, сохраняется в сущности FACT_CONSTRAINTS_24 и задаёт параметр $w(i, t)$ в (2). Тем же способом прослежены потребность клиента (срез 32), входящий остаток (12), норматив грузоподъёмности (30) и квоты перевозчика (85–87). Из 29 срезов 22 участвуют в расчёте плана, семь содержат фактическое исполнение и служат для план-фактного контроля; результат расчёта (срез 17) передаётся в системы исполнения потоками 7 и 8. Матрица разделяет расчётные и контрольные данные и обосновывает состав интеграционного контура.

Обсуждение. Результат достигается не унификацией метамodelей, а фиксацией перехода между уровнями охвата и сохранением идентификатора данных, что и делает трассировку двунаправленной. Исследование ограничено одним промышленным случаем.

Заключение. Предложен и апробирован способ согласования ArchiMate, C4, DFD, информационной и оптимизационной моделей на основе правила смены охвата, сквозного идентификатора среза и ролевой классификации сущностей. Он позволяет до начала разработки проверить обеспеченность модели исходными данными и обосновать состав интеграций целевой системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ArchiMate® 3.2 Specification / The Open Group. – 2022. – URL: <https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate32-doc/> (data of access: 03.09.2026).
2. Brown, S. The C4 model for visualising software architecture / S. Brown. – URL: <https://c4model.com> (data of access: 03.09.2026).
3. Yourdon, E. Modern Structured Analysis / E. Yourdon. – Englewood Cliffs : Prentice Hall, 1989.
4. Chen, P. P.-S. The entity-relationship model – toward a unified view of data / P. P.-S. Chen // ACM Trans. Database Syst. – 1976. – Vol. 1, № 1. – P. 9–36.