УДК 004.658:005.7

Верификация временной согласованности регламентных сроков обработки документов в задачах управления СЭД

Медведев Д.А., Ковалева О.А., Ковалев С.В.

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина

г. Тамбов, Российская Федерация

Внутренние нормативные документы группы компаний, реализующей инвестиционно-строительные проекты, задают сотни сроков обработки документов - от согласования договоров до формирования платежного календаря. Регламентные сроки при автоматизации становятся параметрами системы электронного документооборота (СЭД), но проверяются локально, без учета сквозных зависимостей. При этом часть интервалов неуправляема исполнителем. Время ответа согласующего лица или контрагента задано регламентом лишь верхней границей, а фактическое значение известно только в момент наступления события. Задание таких сроков отдельными моментами времени, а не интервалами снижает практическую эффективность модели [1]. Поэтому проверка сроков как системы жестких неравенств дает оптимистичную оценку - подтверждается существование хотя бы одного благоприятного сценария, тогда как практический интерес представляет гарантированная выполнимость при любой реализации неуправляемых интервалов [2]. Задача состоит в отображении регламентных сроков в сеть темпоральных ограничений с неопределённостью, проверке ее динамической контролируемости и локализации противоречивых ограничений.

Сеть задается тройкой $N = \langle X, C, L \rangle$, где X - множество моментов наступления событий процесса, C - множество управляемых ограничений, L - множество неуправляемых связей. Управляемое ограничение определяет допустимый интервал между двумя событиями:

$$l_{ij} \le x_j - x_i \le u_{ij}, \quad (x_i, x_j) \in C. \qquad (1)$$

Здесь x_i и x_j - моменты наступления i-го и j-го событий, $x_j - x_i$ - фактическая длительность участка процесса, l_{ij} и u_{ij} - установленные

регламентом нижняя и верхняя границы этой длительности. Абсолютные сроки вида «не позднее чем за k дней» приводятся к форме (1) относительно фиксированной точки отсчета. Неуправляемая связь $(x_a, x_c, y^-, y^+) \in L,\ 0 < y^- \leq y^+$, означает, что момент x_c определяется не исполнителем, а внешней средой и удовлетворяет условию $y^- \leq x_c - x_a \leq y^+$. Сетевое представление сроков предпочтительнее процедурного тем, что не обладает направленностью вычислений и применимо как к прямой задаче — проверке заданного набора сроков, так и к обратной — определению допустимых значений сроков по закреплённым контрольным точкам [3]. Простая согласованность сети проверяется построением графа расстояний с весами $w_{ij} = u_{ij}$ и $w_{ji} = -l_{ij}$: сеть согласована тогда и только тогда, когда в графе отсутствуют циклы отрицательного веса,

$$\sum_{(i,j)\in Z} w_{ij} \geq 0 \quad \forall Z, \qquad (2)$$

где Z - произвольный цикл графа расстояний, а w_{ij} - вес его дуги; выполнение (2) что устанавливается алгоритмом Беллмана - Форда за $O(nm)$. Алгоритм Дейкстры, показывающий меньшее время счета на графах сопоставимой размерности [4], в данной задаче неприменим. Обратные дуги графа расстояний имеют вес $w_{ji} = -l_{ij} \leq 0$, тогда как алгоритмы поиска кратчайших путей по меткам требуют неотрицательности весов.

Выполнение (2) означает лишь существование благоприятной реализации. Гарантированная выполнимость требует соблюдения ограничений при любом исходе неуправляемых интервалов. Если управляемый момент x_d следует за неуправляемым событием x_c и ограничен директивным сроком D, необходимое условие принимает вид

$$x_a + y^+ \leq D, \qquad (3)$$

где x_a - момент начала неуправляемой связи, y^+ - ее верхняя граница, D - директивный срок.

Таким образом проверка выполняется в два этапа. Сначала по критерию (2) устанавливается простая согласованность сети требований, затем для

каждой неуправляемой связи проверяется условие (3). Для рассматриваемого класса сетей - последовательных цепочек, в которых неуправляемые связи попарно не пересекаются и за каждой из них следует управляемая точка с директивным сроком. Совместное выполнение (2) и (3) не только необходимо, но и достаточно. Стратегия «дождаться наступления неуправляемого события и выполнить последующее действие немедленно» реализуема при любом исходе, а все последующие ограничения сводятся при этом к своим худшим значениям. Проверка динамической контролируемости в общей постановке для сетей такого вида не требуется.

Таким образом, представление регламентных сроков в виде сети темпоральных ограничений с неопределенностью позволяет выявлять противоречия нормативных документов до этапа настройки СЭД, отличать сроки, невыполнимые в принципе, от выполнимых лишь при благоприятном поведении внешних участников, и обосновывать корректирующие изменения расчетом. Дальнейшая работа связана с автоматическим построением сети по описанию регламентов и сопоставлением расчетных резервов с фактическими длительностями из журналов событий СЭД.

Список использованной литературы

1. Зайцев А.С. Интервальные временные ограничения для планирования согласованных движений многозвенных манипуляторов / А.С. Зайцев, К.С. Яковлев // Информатика и автоматизация. – 2025. – Т. 24, № 4. – С. 1007–1026.
2. Зуенко, А. А. Рассуждения с темпоральными ограничениями / А. А. Зуенко, О. В. Фридман // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2023. – Т. 14, № 7. – С. 43-51. – DOI 10.37614/2949-1215.2023.14.7.005. – EDN IYYQWV.
3. Захаров А.С. Приближенные рассуждения на основе темпоральных нечетких байесовских сетей / А.С. Захаров // Программные продукты и системы. – 2016. – № 2. – С. 27–33.

4. Сравнительный анализ сложности алгоритмов Флойда, Дейкстры и Беллмана-Форда для графов с различным количеством вершин / П. А. Алексеев, Д. Д. Дубгорный, Д. С. Русских, А. П. Иванова // Дневник науки. – 2025. – № 1(97). – EDN NKEVSQ.